



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y TECNOLOGÍA



**Elaboración y caracterización de un concentrado proteico de
suero en polvo obtenido por termocoagulación isoelectrica y
deshidratación**

Bachiller: Alfredo González

Tutor: Dr. Ronald Maldonado

Maracay, Junio 2016



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y TECNOLOGÍA



**Elaboración y caracterización de un concentrado proteico de
suero en polvo obtenido por termocoagulación isoelectrica y
deshidratación**

Bachiller: Alfredo González

Tutor: Dr. Ronald Maldonado

Trabajo presentado como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero

Agrónomo Mención Agroindustrial

Maracay, Junio 2016

APROBACIÓN DEL JURADO

Quienes suscriben, miembros del jurado examinador designado por el Consejo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela del trabajo de Grado titulado **“Elaboración y caracterización de un concentrado proteico de suero en polvo obtenido por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación”** presentado por el bachiller **Alfredo González, C.I: V- 19.468.963** para optar al título de Ingeniero Agrónomo Mención Agroindustrial, consideramos que dicho trabajo cumple con los requisitos exigidos por los reglamentos respectivos y por tanto lo declaramos aprobado.

Dr. Ronald Maldonado

C.I:

Tutor

Prof.^a Yasmin Román

Meléndez C.I:

Jurado Principal

Prof. Bernabé

C.I:

Jurado Principal

Prof.^a Nayesda Frágenas

C.I:

Jurado Suplente

DEDICATORIA

A Dios padre celestial, quien me dio la fuerza y la dedicación para superar cada obstáculo que se presentó.

A mis padres y a mi hermana que me ayudaron y apoyaron para que estudiara y pudiera obtener un título universitario.

A la Universidad Central de Venezuela, por permitirme el ingreso para estudiar la carrera de Ingeniería Agronómica.

A los profesores y compañeros que durante el curso de la carrera aportaron y transmitieron sus conocimientos y experiencias para mi formación académica.

AGRADECIMIENTOS

A Dios padre celestial por permitir que lograra esta meta que en momentos de flaqueza pensé que no lograría.

A mis padres que me educaron y apoyaron con todo lo que podían para lograr la obtención de este título.

A la Universidad Central de Venezuela, por haberme formado académicamente.

Al personal del laboratorio del instituto de Química y Tecnología de la Facultad de Agronomía por facilitar las herramientas y conocimientos para el desarrollo de la investigación.

Al profesor Luis Fernández "luchi" y a los compañeros José Iriarte, Rafael Guilarte, Gaby, Dulce, Eduardo, Viviana, Unai., Kenny, Oscar "Juancho", por apoyarme en la carrera.

Al tutor Dr. Ronald Maldonado por asesorarme durante la investigación.

Al maestro quesero José Ron por toda la ayuda prestada.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue elaborar y caracterizar un concentrado proteico de suero en polvo obtenido por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación, a partir de suero proveniente del proceso de elaboración del queso blanco semiduro, en sus propiedades físico-químicas, funcionales y microbiológicas; el cual pudiera ser utilizado como ingrediente en la fabricación de alimentos. Tres pH de precipitación fueron evaluados en el concentrado proteico obtenido: T1 (pH 5,4); T2 (pH 5,6) y T3 (pH 5,9). La composición fisicoquímica del concentrado proteico estuvieron en el rango de 1,55 a 1,87% (humedad), 0,53 a 0,77% (acidez), 5,46 a 6,13 (pH), 0,04 a 0,05% (cloruros), 40,23 a 44,65% (grasa), 22,21 a 24,14% (proteína) 32,80 a 35,19% (lactosa) y 19,00 a 24,66 (rendimiento); valores que están en lo sugerido de la norma venezolana COVENIN - 3495 (1999), para suero en polvo con excepción de la grasa y la lactosa. En cuanto a la caracterización microbiológica los valores obtenidos en el concentrado proteico (aerobios mesófilos 2,98 a 4,12 ufc/g; coliformes totales de 0,96 a 1,34 Log NMP/g y mohos y levaduras 2,63 a 4,22 Log ufc/g) concuerdan con lo sugerido por dicha norma. Los resultados en las propiedades funcionales fueron 11,41% de solubilidad (T3), 167,37% para capacidad de absorción de agua (T1), 4,03% de capacidad emulsificante (T1) y para la capacidad de retención de agua los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento T3 en rangos de pH de 5,9 el cual corresponde a alimentos ácidos sin embargo hubo un buen comportamiento de los tratamientos T1 y T2 a pH extremos <4 y >8. Se concluye que es posible la adición de concentrado proteico de suero en polvo como ingrediente en la fabricación de alimentos y se recomienda trabajar a $\text{pH} \leq 5,4$ si se desea mejorar las propiedades funcionales en alimentos ácidos.

PALABRAS CLAVE: Concentrado proteico de suero, termocoagulación isoeléctrica, deshidratación

ABSTRACT

The objective of this paper was elaborate and characterizer a dry whey protein concentrates (DWPC) obtained by dehydration and isoelectric thermocoagulation, from whey separated of semi-hard cheese making process and studying its physico-chemical, functionality and microbiological properties, which could be incorporate as food ingredients in the food industry. Three treatments were evaluated in according to pH of thermocoagulation: T1 (pH 5,4); T2 (pH 5,6) and T3 (pH5,9). The physico-chemical composition of DWPC ranged between: 1,55 to 1,87% (moisture); 0,53 to 0,77% (acidity); 5,46 to 6,13 (pH); 0,04 to 0,05% (chloride); 40,23 to 44, 65% (fat milk); 22,21 to 24,14% (protein); 32,80 to 35,19% (lactose) and 19,00 to 24,66% (yield); values meets with the Venezuelan standard (COVENIN) – 3495 (1999) (dry whey protein) with exception to fat and lactose. Regarding to the microbiological characterization the obtained values in the DWPC were (mesophilic aerobic 2,98 to 4,12 ufc/g CFU/ g; total coliforms 0,96 to 1,34 Log MPN/ g and molds and yeast 2,63 to 4,22 Log CFU/ g) meet with the Venezuelan standard. The results of functional properties were: 11, 44% of solubility (T3), 167,37% for water absorption capacity (T1), 4,03% of emulsification capacity (T1) and the best results for water holding capacity were obtained in the treatment T2 with pH 5,4, which corresponding to acid food, however, there was a good behavior both the T1 and T3 treatments at extreme pH <4 y >8 . It was concluded that is possible the incorporation of the DWPC as food ingredients in the food industry and the recommendation is work at pH $\leq 5,4$ if the best functional properties are expected for acid foods.

KEYWORDS: Whey protein concentrated, isoelectric thermocoagulation, dehydration.

TABLA DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL JURADO	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS	V
ABSTRACT	VII
TABLA DE CONTENIDO.....	VIII
INDICE DE CUADROS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1.- Definición de suero	4
2.2.- Clasificación del suero	4
CUADRO 1. Composición del suero dulce y del suero ácido.....	4
2.3.- Composición química del lactosuero	5
2.4.- Clasificación de las proteínas del suero.....	5
Figura 1. Clasificación de las proteínas del suero según el método de obtención. .	6
2.5.- Suero en polvo.....	6
CUADRO 2. Composición fisicoquímica del suero en polvo.	7
2.6.- Cuantificación microbiológica.....	7
2.7.- Propiedades funcionales de las proteínas del suero	8
2.7.1.- Solubilidad.	8
2.7.2.- Capacidad de absorción de agua.	8
2.7.3.- Capacidad de retención de agua.	9
2.7.4.- Capacidad emulsificante.....	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13

3.1.- Lugar de estudio	13
3.2.- Procedencia de la leche.....	13
3.3.- Obtención del concentrado proteico de suero termocuagulado en polvo ..	13
3.4.- Caracterización físico-química	15
3.5.- Calidad microbiológica del lactosuero deshidratado	16
3.5.1.- Preparación de las muestras	16
3.5.2. Cuantificación microbiológica.....	16
3.6.- Determinación de propiedades funcionales	16
3.6.1.- La solubilidad.	16
3.6.2.-La capacidad de retención de agua (CRA)	17
3.6.3.- La capacidad de absorción de agua (CAA).....	18
3.6.4.- La capacidad emulsificante.	18
3.7.- Tratamientos y análisis estadísticos de los resultados.....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1.-Caracterización físico-química del concentrado proteico de suero deshidratado obtenido por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación	21
4.1.1- Humedad.....	21
4.1.2- Acidez	23
4.1.3- pH	25
4.1.4- Cloruros	26
4.1.5- Grasa	28
4.1.6- Proteína	29
4.1.7- Lactosa	31
4.1.8- Rendimiento del aislado proteico de suero en polvo	32
4.2.- Cuantificación de la presencia de microorganismos en el concentrado proteico de suero deshidratado obtenido por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación	34

4.2.1- Aerobios mesófilos.....	34
4.2.2- Coliformes totales	36
4.2.3- Mohos y levaduras.....	37
4.3.- Resultados de la determinación de las propiedades funcionales del concentrado proteico de suero deshidratado obtenido por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación	39
4.3.1- Solubilidad	40
4.3.2- Capacidad de absorción de agua	43
4.3.3- Capacidad emulsificante.....	44
4.3.4.- Capacidad de retención de agua (CRA).....	46
CUADRO 10. Capacidad de retención de agua (CRA) (mL de agua/g MTA) de concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación.	47
4.3.4.2- Capacidad de retención de agua (CRA) para el tratamiento T2 a diferentes pH.....	49
4.3.4.3.- Capacidad de retención de agua (CRA) para el tratamiento T3 a diferentes pH.....	50
V. CONCLUSIONES	53
VI. RECOMENDACIONES.....	55
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Composición del suero dulce y del suero ácido.	4
CUADRO 2. Composición fisicoquímica del suero en polvo.	7
CUADRO 3. Propiedades funcionales de aislado proteico de soya.	10
CUADRO 4. Propiedades funcionales de aislados proteicos de hojas de Amaranto (<i>Amaranthus spp.</i>) y quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>).	10
CUADRO 5. Propiedades funcionales de aislados proteicos de hojas de Amaranto (<i>Amaranthus spp.</i>) y quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>).	11
CUADRO 6. Criterios microbiológicos para el suero en polvo (Ingrediente para productos procesados térmicamente) (COVENIN-3495, 1999).....	7
CUADRO 7. Características físico-químicas de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación. ...	22
CUADRO 8. Características microbiológicas de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación. ...	34
CUADRO 9. Propiedades funcionales (solubilidad, capacidad de absorción de agua y capacidad emulsificante) de concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de las proteínas del suero según el método de obtención. .	6
Figura 2. Esquema tecnológico propuesto para la elaboración del concentrado proteico de suero en polvo termocoagulado.....	14
Figura 3. Gráfica de dispersión del contenido humedad en función de los tratamientos evaluados.	23
Figura 4 Gráfica de dispersión del porcentaje de acidez en función de los tratamientos evaluados.	25
Figura 5. Gráfica de dispersión de pH de precipitación en función de los tratamientos evaluados.	26
Figura 6. Gráfica del contenido de cloruros en función de los tratamientos evaluados.....	27
Figura 7. Gráfica de dispersión del contenido de grasa en función de los tratamientos evaluados.	29
Figura 8. Gráfica de dispersión del contenido proteína en función de los tratamientos evaluados.	30
Figura 9. Gráfica del contenido de lactosa en función del componente evaluado.	32
Figura 10: Gráfica de dispersión del rendimiento del suero deshidratado.....	33
Figura 11. Gráfica de dispersión de la población de aerobios mesófilos (Log ufc/g) en función de los tratamientos evaluados.	36
Figura 12. Gráfica de dispersión de la población de coliformes totales (Log NMP/g) en función de los tratamientos evaluados.	37

Figura 13. Gráfica de dispersión de la población de mohos y levaduras en función de los tratamientos evaluados.....	39
Figura 14. Gráfica de dispersión del porcentaje de solubilidad en función de los tratamientos evaluados.	42
Figura 15. Gráfica de dispersión del porcentaje de capacidad de absorción de agua en función de los tratamientos evaluados.	44
Figura 16. Gráfica de dispersión del porcentaje de capacidad emulsificante en función de los tratamientos evaluados.	46
Figura 17. Gráfica de dispersión para capacidad de retención de agua (T1) en función de los pH evaluados.	48
Figura 18. Gráfica de dispersión para capacidad de retención de agua (T2) en función de los pH evaluados.	50
Figura 19. Gráfica para capacidad de retención de agua (T3) en función de los pH evaluados.....	51

I. INTRODUCCIÓN

El suero de leche es la parte líquida obtenida después de llevarse a cabo la separación de la cuajada en el proceso de elaboración de quesos y se estima que se generan cerca de nueve litros de suero por cada kilogramo de queso elaborado. Contiene alrededor de 50% de los nutrientes de la leche como lactosa, proteínas solubles, grasa, vitaminas y sales minerales (Padín *et al.*, 2006).

Históricamente, se ha considerado el suero como un desecho el cual se descarta de las forma más económica posible, como por ejemplo vertiéndose al drenaje, lo cual genera un problema de tipo ambiental; se estima que por cada 1.000 litros del mismo se produce cerca de 35 Kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y cerca de 68 Kg de demanda química de oxígeno (DQO). Esta fuerza contaminante es equivalente a la de las aguas negras producidas en un día por 450 personas (Padín *et al.*, 2006).

Por otra parte, Padín *et al.*, (2006), indicaron que la producción quesera industrial para el año de 2005 en Venezuela se estimó en unos 400 millones de kilos por lo que puede deducirse que el suero residual alcanzó la cifra de 3.600 millones de litros y que la legislación venezolana del ambiente prohíbe la eliminación de este subproducto en cursos de agua y estanques, además de encauzarlo en zanjas y lagunas construidas para tal fin, puesto que el ácido láctico impermeabiliza el suelo, cuestión que impide la filtración, formándose así, espejos putrefactos que inciden negativamente en la conservación del ambiente.

Teniza (2008), señala que en la obtención de suero en polvo, comúnmente son utilizados secadores de doble tambor rotatorios, y secadores tipo spray dryer, mientras que por termocoagulación isoeléctrica existen pocos, o no hay indicios de su utilización para la obtención de sólidos; lo cual sería otra alternativa importante para la obtención de este subproducto en forma de polvo, además de que el mismo no se utiliza en el país como ingrediente en la elaboración de alimentos por ser un producto importado lo cual genera un costo adicional en la fabricación de los mismos.

En relación a lo anteriormente mencionado, se plantea elaborar y caracterizar concentrado proteico de suero en polvo obtenido por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación, a partir de suero proveniente del proceso de elaboración de queso, y caracterizarlo en sus propiedades físico-químicas, funcionales y microbiológicas; el cual pudiera ser utilizado como ingrediente en la fabricación de alimentos; y como alternativa de posible solución frente a la problemática de contaminación ambiental que ocasiona.

Objetivo general

Elaborar y caracterizar la calidad del concentrado proteico de suero en polvo obtenido por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación.

Objetivos específicos

- Caracterizar físico-químicamente el concentrado proteico de suero deshidratado obtenido por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación.
- Cuantificar la presencia de microorganismos en el concentrado proteico de suero deshidratado y comparación de su calidad microbiológica con la norma Covenin para suero dulce en polvo.
- Determinar las propiedades funcionales del concentrado proteico de suero deshidratado; y su aplicación como ingrediente en la fabricación de alimentos.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1.- Definición de suero

La norma venezolana COVENIN – 3495 (1999), define suero dulce líquido al subproducto de la elaboración de queso, obtenido de la coagulación por el cuajo de leche pasteurizada no ácida y cuya acidez no sobrepasa los 19,0 mL de NaOH 0,1N/ 100 mL de muestra.

2.2.- Clasificación del suero

Existen varios tipos de lactosuero dependiendo del pH y de la forma de separación de la caseína (Cuadro 1). El primero denominado **suero dulce**, está basado en la coagulación por la renina a pH 6,5. El segundo llamado **suero ácido** resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para coagular la caseína como en la elaboración de queso blanco (Teniza, 2008).

CUADRO 1. Composición del suero dulce y del suero ácido.

Componente	Concentración, % p/p	
	Suero dulce	Suero ácido
Agua	93	93
Grasa	0,3	0,1
Proteína	0,8	0,6
Lactosa	4,9	4,3
Ceniza	0,56	0,46
Ácido láctico	0,2-0,3	0,7-0,8
pH	6,0-6,6	4,3-4,7

Fuente: Daza (2011).

2.3.- Composición química del lactosuero

El lactosuero contiene aproximadamente el 55% de los nutrientes de la leche. Entre los más abundantes están la lactosa (4,5-5% p/v), proteínas solubles (0,6-0,8% p/v), lípidos (0,4-0,5% p/v) y sales minerales (8-10% de extracto seco). Presenta una cantidad rica de minerales donde sobresale el potasio, seguido del calcio, fósforo, sodio y magnesio. Cuenta también con vitaminas del grupo B (tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina) y ácido ascórbico (Parra, 2009).

Las proteínas del suero, son proteínas globulares solubles en agua, no coagulables que son separadas de la cuajada, de forma manual o mecánica y representan el 20% de las proteínas presentes en la leche; están representadas por la **β -lactoglobulina (60%)**, **α -lactoalbumina (20%)**, la **inmunoglobulina (9%)**, **seroalbúmina (6%)**; pero también se encuentran presentes fracciones proteicas menores como la lactoferrina y proteasas-peptona (Teniza, 2008).

2.4.- Clasificación de las proteínas del suero

Parra (2009), señala que la proteína de suero se clasifica en 3 tipos (según Fig. 1). El concentrado de proteínas de suero de leche **Whey Protein Concentrate** (WPC); contiene aproximadamente 25 a 89% de proteína pura, por su parte, el aislado de proteínas de suero lácteo **Whey Protein Isolate** (WPI); contiene alrededor de 90 a 95% y el hidrolizado de proteínas de suero de leche **Whey Protein Hydrolysate** (WPH) que es la proteína aislada que ha pasado por un proceso de hidrolisis. Para la investigación se utilizó concentrado de suero de

proteínas (WPC), y se obtuvo mediante el proceso de termocoagulación para la separación de proteínas.

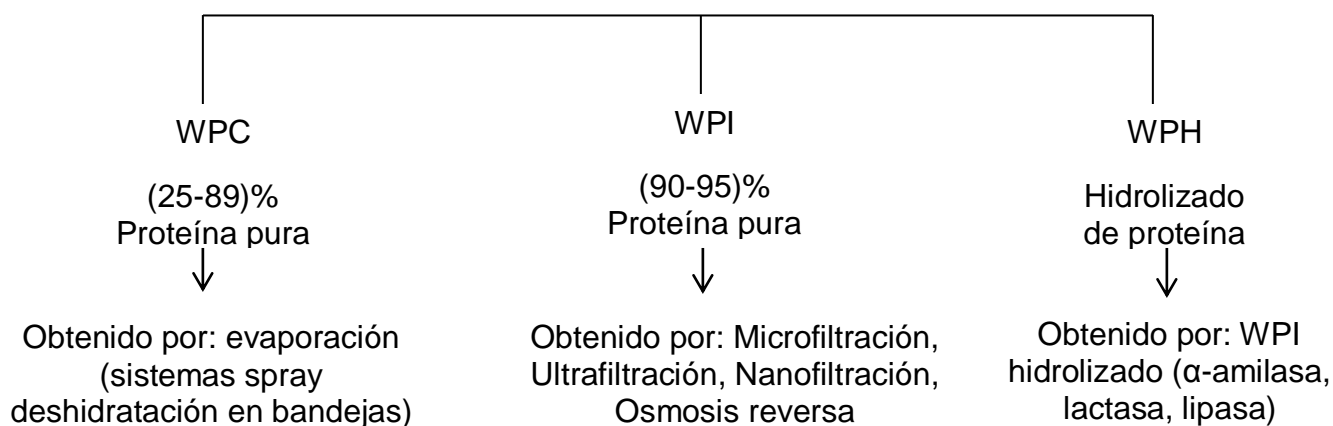


Figura 1. Clasificación de las proteínas del suero según el método de obtención.

2.5.- Suero en polvo

La norma venezolana COVENIN – 3495 (1999), lo define como suero dulce líquido el cual es el subproducto de la elaboración de queso, obtenido de la coagulación por el cuajo de leche pasteurizada no ácida y cuya acidez no sobrepasa los 19,0 mL de NaOH 0,1N/ 100 mL de muestra que se ha obtenido por la eliminación casi total del agua de composición del suero dulce de leche.

En el Cuadro 2, se presentan valores de la composición físico-química del suero en polvo (humedad, grasa, proteína, acidez, lactosa, pH, cloruros) determinada por diferentes autores, cuyos valores poseen algunas diferencias; estas son atribuidas a las características de la leche utilizada para la elaboración del queso por los distintos autores; observándose la diferencia más notoria en el contenido de humedad y proteína (%) de los polvos de suero.

CUADRO 2. Composición fisicoquímica del suero en polvo.

Componente	Covenin – 3495 (1999)	Teniza (2008)	Posada <i>et al.</i> , (2011)
Humedad (%)	4,0	3,0	5,0
Grasa (%)	1,5	1	1,5
Proteína (%)	11,0	12,0	14,5
Acidez	26,0 mL NaOH 0,1N/100g 2,3 g Ácido láctico/100g	0,016g Ácido láctico	-
Lactosa (%)	76,0	-	75,0
pH	6,5	6,0	-
Cloruros (%)	0,11	-	-

Fuente: (Covenin – 3495 (1999); Teniza, 2008; Posada *et al.*, 2011)

2.6.- Cuantificación microbiológica

Según la norma Venezolana COVENIN– 3495 (1999), (Cuadro 3), los microorganismos que se pudieran encontrar en el lactosuero son: Aerobios mesófilos, coliformes totales, coliformes fecales, mohos, levaduras, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella*; los cuales deberán estar entre los límites permisivos establecidos en dicha norma.

CUADRO 3. Criterios microbiológicos para el suero en polvo (Ingrediente para productos procesados térmicamente) (COVENIN-3495, 1999).

Microorganismo	COVENIN-3495, (1999).
Aerobios Mesófilos (ufc/g)	5×10^4
Coliformes (NPM/g)	93,0
Coliformes fecales (NPM/g)	7,0
Mohos (ufc/g)	1×10^3
Esporas termófilas (ufc/g)	1×10^3
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausente
<i>Salmonella</i>	Ausente

Fuente: (COVENIN-3495, 1999).

2.7.- Propiedades funcionales de las proteínas del suero

Las propiedades funcionales son aquellas que afectan el comportamiento general de las proteínas en los alimentos durante la producción, procesamiento, almacenamiento y consumo; además influyen en la calidad y los atributos organolépticos de los mismos. Las proteínas del suero se caracterizan por tener propiedades funcionales específicas, tales como solubilidad, absorción de agua, retención de agua y capacidad emulsificante (Meza, 2009).

2.7.1.- Solubilidad.

La solubilidad de las proteínas se define como la cantidad de proteína (%) que se encuentra en solución o dispersión coloidal bajo condiciones específicas. La solubilidad de los materiales proteicos es de gran importancia en la tecnología de alimentos, aunque por si misma esta propiedad solo tiene aplicación directa en la elaboración de bebidas y productos similares; sin embargo, siempre debe ser determinada puesto que incide sobre otras propiedades como la emulsificación y la gelificación; por eso ha sido usada como una medida para otras propiedades funcionales y su valoración da una información ponderable sobre la proteína como ingrediente en la fabricación de alimentos (Scilingo *et al.*, 2002).

2.7.2.- Capacidad de absorción de agua.

La absorción de agua es una propiedad funcional básica de los componentes proteicos, puesto que determina la calidad (textura, apariencia, retención de sabor) y rendimiento en productos cárnicos, además afecta algunas propiedades como textura y viscosidad en productos de panadería; también se puede definir como la humedad relativa de la proteína seca (Rivera, 2006).

2.7.3.- Capacidad de retención de agua.

Se define como la capacidad de un alimento hidratado para retener agua en la matriz proteica, cuando es sometida a fuerzas externas como la centrifugación, compresión, vacío o presión osmótica, o la fuerza en contra de la gravedad que puede presentar el material para no perder el agua que contiene. La capacidad de los ingredientes proteicos de retener agua juega un importante papel en la textura de diversos alimentos especialmente en masas horneadas y en la viscosidad intrínseca, importante especialmente, en la elaboración de quesos y masas dulces (Rivera, 2006).

2.7.4.- Capacidad emulsificante.

Las emulsiones son dispersiones de dos líquidos no miscibles, uno se encuentra bajo la forma de pequeñas gotitas dispersas y el otro es la fase continua dispersante. La capacidad emulsificante denota la cantidad máxima de aceite que puede ser emulsificada por una dispersión de proteína. Indica los mililitros de aceite que pueden ser emulsionados por gramo de proteína sin que se produzca la inversión de la emulsión (Neto *et al.*, 2001).

A continuación en el Cuadro 4, se presentan algunas propiedades funcionales de aislado proteico de soya (solubilidad, capacidad de absorción de agua y capacidad emulsificante); según variaciones de pH que van desde 4,5 a 7,5. Donde se observa que los valores aumentan proporcionalmente con el pH.

CUADRO 4. Propiedades funcionales de aislado proteico de soya.

Propiedades	pH			
	4,5	5,5	6,5	7,5
Solubilidad (%)	4,16	10,29	17,95	68,52
Cap. Abs. Agua(g agua/g proteína)	1,40	1,47	1,55	1,69
Cap. Emulsificante(%)	42,46	55,09	57,07	64,63

Fuente: Ávila (2011)

En el Cuadro 5, se presentan algunas propiedades funcionales (solubilidad y capacidad de absorción de agua); de aislados proteicos de hojas de Amarantho (*Amaranthus spp.*) y quinua (*Chenopodium quinoa*); según variaciones de pH que van desde 4,5 a 7,5. Donde se observa que a medida que aumenta el pH, aumentan los valores de solubilidad de ambos aislados proteicos; mientras que para la capacidad de retención de agua los valores varían (aumentan o disminuyen) según el pH.

CUADRO 5. Propiedades funcionales de aislados proteicos de hojas de Amarantho (*Amaranthus spp.*) y quinua (*Chenopodium quinoa*).

Propiedades	pH							
	4,5		5,5		6,5		7,5	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Solubilidad (%)	55	42	70	78	72	81	78	88
Cap.ret. Agua (mL/g)	3,55	3,00	3,27	2,50	3,60	2,80	3,37	2,90

Fuente: (Rivera, 2006; Rodríguez, 2010)

A: Aislado proteico de hojas de Amarantho (*Amaranthus spp.*)(Rodríguez, 2010).
B: Aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa*) (Rivera, 2006).

En el Cuadro 6, se presentan valores para la capacidad de absorción de agua, de aislados proteicos de hojas de Amaranto (*Amaranthus spp.*) y quinua (*Chenopodium quinoa*). Donde luego de 4 minutos de tiempo de estabilización (tiempo en el cual el aislado es incapaz de seguir absorbiendo agua) no hay aumento en la capacidad de absorción de agua de los aislados proteicos.

CUADRO 6. Capacidad de absorción de agua de aislados proteicos de hojas de Amaranto (*Amaranthus spp.*) y quinua (*Chenopodium quinoa*).

Tiempo (min)	Cap. Abs. Agua (mL agua/g de aislado)	
	A	B
0,02	0,17	0,10
0,05	0,50	0,37
0 08	0,83	0,50
1,00	1,33	1,27
3,00	1,37	1,63
4,00	1,42	1,70
6,00	1,42	1,70

Fuente: (Rivera, 2006; Rodríguez, 2010).

A: Aislado proteico de hojas de Amaranto (*Amaranthus spp.*)(Rodríguez, 2010).

B: Aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa*) (Rivera, 2006).

2.8.- Antecedentes

Teniza (2008), estudió distintos tipos de recuperación de las proteínas del suero (microfiltración, nanofiltración ultrafiltración). Estos fueron deshidratados, para ser utilizado en la elaboración de queso tipo Oaxaca; donde determinó que, con la adición de 0,5% de suero deshidratado, el rendimiento fue de 13,7% comparado con la adición del 1% leche en polvo que comúnmente se utiliza en la empresa para elaborar queso tipo Oaxaca, cuyo rendimiento es de 11.75 %,

además, el suero deshidratado que obtuvo presentó un contenido de proteína superior a los productos que más se comercializan en México, por lo que este será un excelente competidor de los mismos.

Por otra parte Maldonado y Guaido (2009), evaluaron el efecto de la incorporación de lactosuero deshidratado sobre las características químicas, microbiológicas y organolépticas de caramelos blandos de leche tipo toffee; incorporando tres porcentajes de lactosuero T1= 7,5; T2=5; T3= 2,5 y T4=0% (tratamiento control) y concluyeron que es posible la inclusión de 2,5 a 5% de lactosuero en polvo en la fórmula de caramelos blandos de leche tipo toffee sin modificar su composición química respecto a la formulación control fabricada con leche en polvo, mostrando el mismo grado de preferencia y representando una fuente importante de carbohidratos (77,63 - 78,51%; equivalentes a 25% del valor diario) en la dieta de niños y jóvenes en desarrollo.

Posada *et al.*, (2011), señalan que la lactosa y proteínas del lactosuero, pueden ser utilizadas en la elaboración de productos alimenticios de alta calidad. Ellos emplearon suero dulce en polvo en mezclas para helados, batidos y postres congelados bajos en calorías, y encontraron que la sustitución de sólidos no grasos por sólidos de suero dulce en mezclas de productos lácteos congelados, seguida de hidrólisis de la lactosa con β -galactosidasa, permitió reducir la cantidad de edulcorantes añadidos en la mezcla (sirope de maíz y glucosa) y las propiedades fisicoquímicas y organolépticas fueron comparables con las fórmulas estándar, además la enzima redujo los problemas de cristalización de la lactosa y mejoró el servido.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- Lugar de estudio

La investigación tuvo lugar en el Instituto de Química y Tecnología de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, núcleo Maracay Estado Aragua.

3.2.- Procedencia de la leche

La leche para la fabricación del queso y la posterior obtención y recolección del suero, fue de un rebaño de vacas sanas, raza Jersey pertenecientes a la unidad de producción social Rodolfo Alberto Domador Pineda, ubicada en Nírgua estado Yaracuy; la cual cuenta con 109 animales de ordeño y tiene una producción diaria de 1000 L de leche aproximadamente.

3.3.- Obtención del concentrado proteico de suero termocuagulado en polvo

La leche cruda se filtró para la eliminación de las impurezas macroscópicas que pudieran estar en la misma; posteriormente la leche se coagulo con la adición de cuajo en polvo (3g/100L de leche) a una temperatura de 32°C. Una vez adicionado el cuajo a la leche, se dejó en reposo por 40 minutos y posteriormente se procedió a realizar el corte del gel formado, luego esta mezcla se agito por un tiempo aproximado de 10 a 20 minutos y se dejó asentar la cuajada hasta que ocurrió la separación del suero de la misma (Fig. 2).

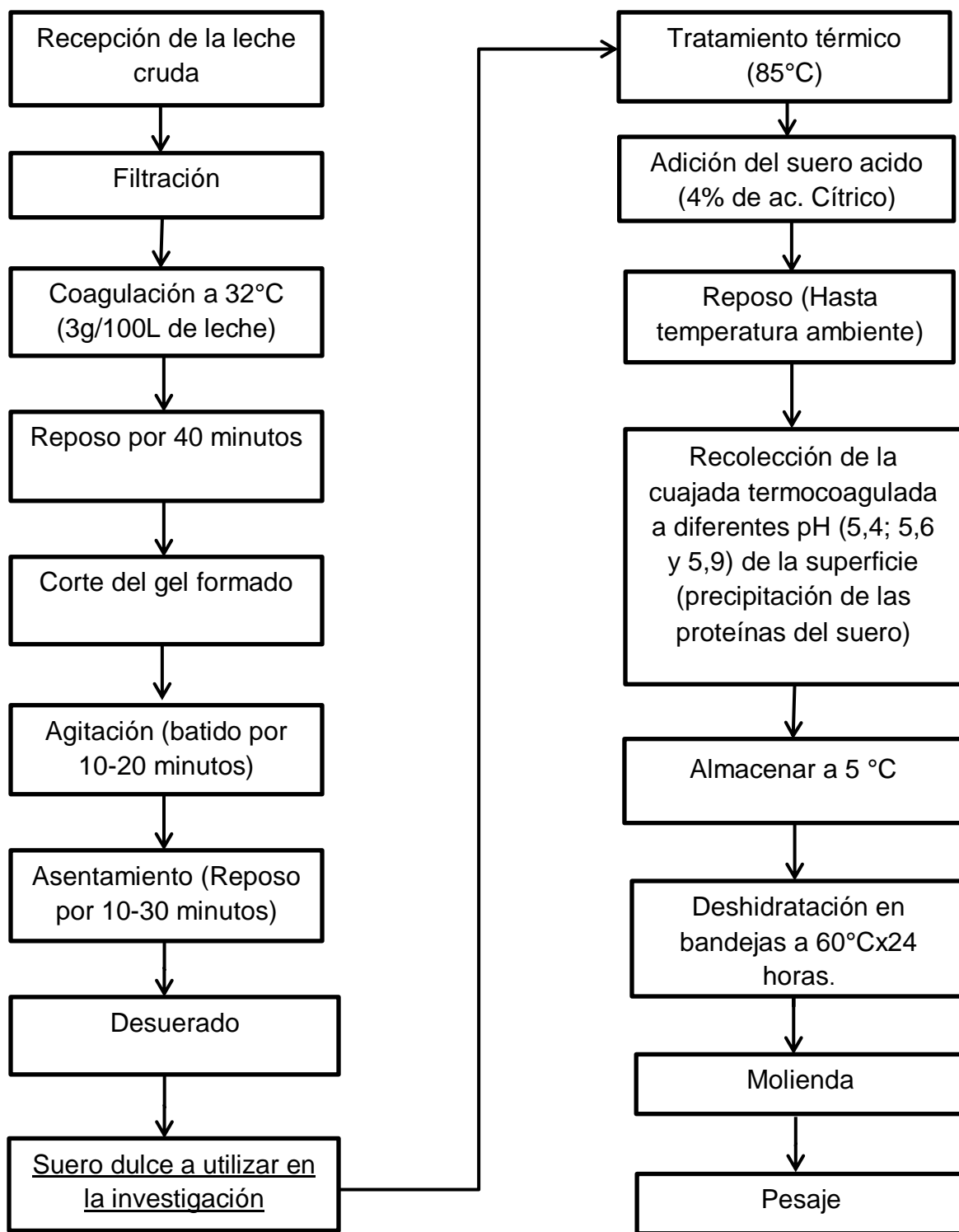


Figura 2. Esquema tecnológico propuesto para la elaboración del concentrado proteico de suero en polvo termocoagulado.

Posteriormente, se separó la caseína coagulada enzimáticamente y al suero obtenido se le aplicó un tratamiento térmico a 85°C. Inmediatamente alcanzada esa temperatura se agregó suero ácido el cual se preparó a partir de suero dulce; donde al suero dulce (pH 6,6) se le incorporó 4% de ácido cítrico hasta que alcanzó un pH de 3,61; el volumen de suero ácido incorporado al suero dulce se calculó en función a cuantos mililitros de suero ácido son necesarios incorporar a 100 mL de suero dulce para alcanzar los pH de termocoagulación (5,4; 5,6 y 5,9). Luego se dejó en reposo hasta que alcanzó la temperatura ambiente, se recolectó la cuajada termocoagulada a diferentes pH (5,4; 5,6 y 5,9) de la superficie y se almacenó a 5°C.

El concentrado proteico que se obtuvo se deshidrató en bandejas de aluminio a 60°C por 24 horas en una estufa marca Memmert la cual cuenta con una capacidad de 60 litros, hasta que se obtuvo 350 g de concentrado proteico de suero deshidratado; para obtener dicha cantidad se precipitó aproximadamente 60 litros de suero para cada pH de termocoagulación.

3.4.- Caracterización físico-química

Al suero lácteo deshidratado obtenido se les realizaron las siguientes determinaciones: en la humedad norma COVENIN-1077 (1997); grasa COVENIN-931 (1997); proteína COVENIN-370 (1997); cloruro COVENIN-369 (1982); acidez COVENIN-658 (1997); lactosa COVENIN-1013 (1982); pH COVENIN 1315-79 (1979).

3.5.- Calidad microbiológica del lactosuero deshidratado

3.5.1.- Preparación de las muestras

La identificación y preparación de las muestras para el análisis microbiológico se realizó según lo descrito en la norma venezolana COVENIN 1126–89 (1989), Alimentos. Identificación y preparación de muestras para el análisis microbiológico.

3.5.2. Cuantificación microbiológica

Al lactosuero deshidratado que se obtuvo se le realizaron los siguientes análisis: cuantificación de aerobios mesófilos COVENIN – 902 (1987); coliformes totales y coliformes fecales COVENIN–1104 (1996); mohos y levaduras COVENIN–1337 (1990).

3.6.- Determinación de propiedades funcionales

3.6.1.- La solubilidad.

Se determinó empleando el procedimiento descrito por Scilingo *et al.*, (2002) donde se preparó una suspensión del suero deshidratado en agua a una concentración de 1% (p/v). La muestra se agitó en un vortex cada 15 minutos a temperatura ambiente durante 1 hora. Luego se centrifugó a 10000rpm por 10 minutos a 15°C. El contenido de proteínas en el sobrenadante (sb) se determinó por el método Kjeldahl, y la solubilidad (%) se expresó como:

$$\%S = (100 \times \text{mg proteína sb}) / \text{mg de proteína total.}$$

Sb = Contenido de proteínas en el sobrenadante

Ejemplo: mg de proteína del sb=2,75; mg de proteína total= 24,14. %S=11,39%

Esto quiere decir que aproximadamente 11,39% del concentrado proteico se solubiliza en su estado original, el resto queda modificado.

3.6.2.-La capacidad de retención de agua (CRA)

Se evaluó mediante el método de Rivera (2006), utilizando tubos eppendorf, previamente pesados, se elaboraron dispersiones proteicas al 1% p/v en agua y en buffers de pH 3, 5, 6, 7 y 9. A continuación, los tubos se sometieron a agitación intensa en vortex, a intervalos de 15 minutos, durante 1 hora, a temperatura ambiente. Posteriormente, se centrifugaron los tubos a 10.000 rpm, durante 30 minutos, a 15°C. Luego se determinó la masa de precipitado obtenido, para lo cual se invirtieron los tubos durante 10 min sobre papel absorbente. Paralelamente, se cuantifico la cantidad de proteína solubilizada en el sobrenadante después de la centrifugación, lo que se efectuó utilizando el método de Kjeldahl. La capacidad de retención de agua (CRA), se obtuvo través de la siguiente fórmula:

$$CRA = \left[\frac{m2 - (m1 - m3)}{m1 \times d} \right] = (\text{mL agua} / \text{g MTA})$$

Dónde: **m1**: masa de muestra pesada en gramos; **m2**: masa del precipitado obtenido en gramos; **m3**: masa de la proteína soluble en gramos y **d**: densidad del agua a 25° C.

(mL agua / g MTA) : mililitros de agua/ gramos de muestra (unidades de expresión).

Ejemplo: g de precipitado= 3,38(m2); g de muestra 1 (m1); g de proteína soluble= 1,93(m3); densidad del agua a 25°C= 1. CRA= 4,31(mL agua / g MTA)

Esto indica que cada gramo de muestra es capaz de retener 4,31 mL de agua.

3.6.3.- La capacidad de absorción de agua (CAA).

Se determinó siguiendo el procedimiento de Wang y Kinsella (1976) Se determinó midiendo la cantidad de agua que permanece unida a la muestra hidratada luego de aplicar una fuerza externa (centrifugación). Se calculó el agua absorbida por diferencia y se expresó (%) como el cociente agua absorbida / peso de muestra x 100.

Ejemplo: g de agua absorbida= 1,527; g de muestra= 1. CAA= 152,7%

Esto significa que 1 g de muestra es capaz de absorber 1,57 mL de agua ya que la relación es 1:1

3.6.4.- La capacidad emulsificante.

Se determinó siguiendo el procedimiento descrito por Neto *et al.*, (2001), donde 2,5 g de muestra fueron transferidos a un beaker de 100 mL y suspendidos en 30 mL de agua destilada, el pH de la suspensión se ajustó con NaOH 0,1 N y se agito magnéticamente 15 minutos a media velocidad en un agitador a temperatura ambiente y se llevó a un volumen de 50 mL con agua destilada. La suspensión se pasó a un vaso licuadora donde se le agregaron 50 mL de aceite de maíz el cual fue emulsionado durante 30 minutos a máxima velocidad. La emulsión se dividió en dos tubos de centrifuga graduado de 50 mL los cuales se centrifugaron a 2900 rpm por 5 minutos. La capacidad de emulsión se calculó como: altura de capa emulsificada (mL) x (Altura total del contenido en tubo (mL))⁻¹ x 100%

Ejemplo: mL de capa emulsificada= 2; mL del contenido del tubo= 50. %CE= 4%

Esto significa que 1 g de muestra es capaz de emulsificar 4 mL de aceite.

3.7.- Tratamientos y análisis estadísticos de los resultados

Para la determinación de la caracterización físico-química, microbiológica y determinación de propiedades funcionales (solubilidad, capacidad emulsificante, capacidad de absorción y retención de agua) se propusieron tres tratamientos los cuales consistieron en T1, concentrado proteico de suero en polvo a pH 5,4; T2, concentrado proteico de suero en polvo a pH 5,6 y T3 concentrado proteico de suero en polvo a pH 5,9 (Ver cuadro 7). Se realizaron, tres fabricaciones en el tratamiento experimental.

A los resultados obtenidos de la composición fisicoquímica, microbiológica y propiedades funcionales (solubilidad, capacidad emulsificante y capacidad de absorción de agua) se le realizó el análisis descriptivo, gráficas de dispersión, el ANAVAR y las pruebas de comparaciones múltiples para un diseño completamente aleatorizado.

Para la capacidad de retención de agua (CRA), se realizó un ANAVAR para un diseño de bloques completamente aleatorizado, en donde los bloques estuvieron representados por los concentrados proteicos de suero en polvo a pH 5,4; 5,6 y 5,9 y los tratamientos, los diferentes pH del medio (3, 5, 6, 7 y 9), a los cuales la unidad experimental (concentrado proteico de suero en polvo) fue sometida.

Todos los análisis se realizaron empleando un nivel de significancia del 5%. Para el procesamiento estadístico de los resultados se utilizó el paquete estadístico Statistix versión 8.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.-Caracterización físico-química del concentrado proteico de suero deshidratado obtenido por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación

En el Cuadro 7, se presentan los resultados de las características físico-químicas (humedad, acidez, cloruros, grasa, pH, proteína y lactosa) de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenido por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación.

4.1.1- Humedad

Los valores del porcentaje de humedad de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación a diferentes pH de precipitación estuvieron en el rango de 1,55 % (T1) a 1,87% (T2). El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado; determinó que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. La prueba de comparaciones múltiples indicó que los concentrados proteicos que presentaron mayor porcentaje de humedad fueron T2 y T3 con 1,87 y 1,65% respectivamente, el valor más bajo de porcentaje de humedad se obtuvo en el suero en polvo termocoagulado a pH de 5,4 (T1=1,55%). Teniza (2008), en su investigación encontró que el suero de queso en polvo presentó rangos de humedad de 1,5 a 3%. La norma venezolana COVENIN- 3495 (1999), sugiere que el suero en polvo debe presentar un nivel máximo de humedad de 4% por tanto, el concentrado proteico de suero en polvo obtenido en este trabajo de investigación cumple con los valores recomendados por esta norma.

CUADRO 3. Características físico-químicas de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación.

Tratamientos ¹	Humedad (%)	Acidez (% ácido láctico)	pH	Grasa (%)	Cloruros (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Rendimiento (%)
T1	1,55 ± 0,1 ^b	0,77 ± 0,1 ^a	5,46 ± 0,1 ^b	44,65 ± 2,8 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	24,14 ± 3,1 ^a	32,80 ^a	19,33±2,8 ^b
T2	1,87 ± 0,1 ^a	0,56 ± 0,03 ^b	5,60 ± 0,1 ^b	40,23 ± 3,5 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	23,98 ± 3,5 ^a	33,90 ^a	24,66±2,8 ^a
T3	1,65 ± 0,1 ^{ab}	0,53 ± 0,1 ^b	6,13 ± 0,2 ^a	43,09 ± 2,9 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	22,21 ± 1,8 ^a	35,19 ^a	19,00±2,8 ^b

1= Concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación a pH de precipitación 5,4 (T1), pH 5,6 (T2), pH 5,9 (T3)

a-b= Letras diferentes en una misma columna denotan diferencias significativas a un $\alpha= 0,05$, en el ANAVAR de un diseño completamente aleatorizado

En la Figura 3, se reflejan los valores de los porcentajes de humedad de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación; donde se observa que el T2 presento mayores valores de humedad que los tratamientos T1 y T3 evidenciándose que a pH de precipitación 5,6 (T2) hubo una mayor retención de agua que en el resto de los tratamientos, es decir que es mucho más fácil reducir agua ya sea vía sinéresis o evaporación cuando se trabaja con pH de precipitación 5,4 (T1) y 5,9 (T3).

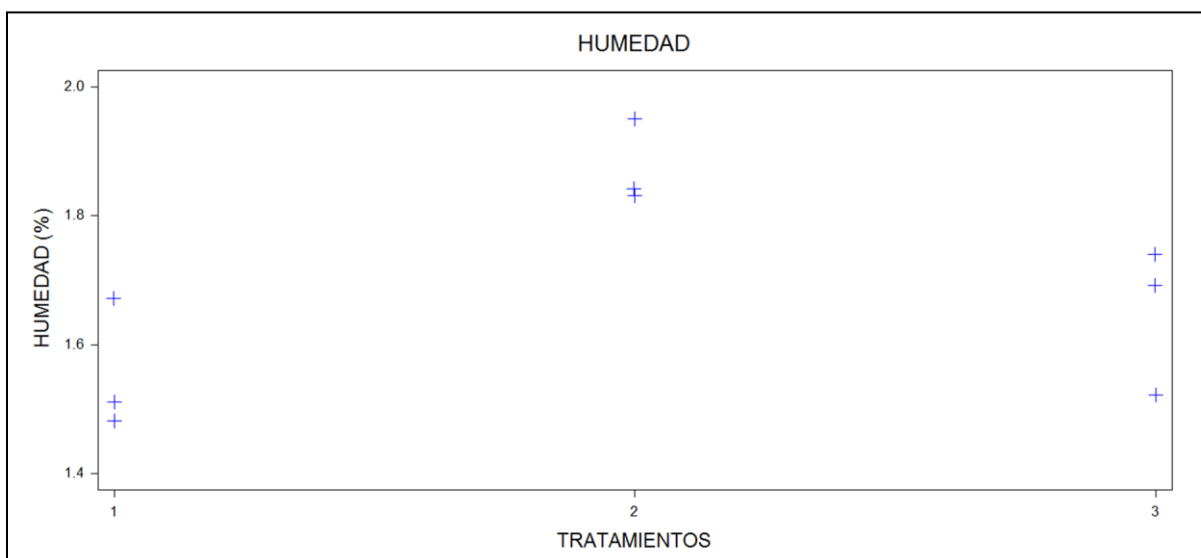


Figura 3. Gráfica de dispersión del contenido humedad en función de los tratamientos evaluados.

4.1.2- Acidez

Los valores de acidez expresados como porcentaje de ácido láctico, de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación a diferentes pH de precipitación estuvieron en el rango de 0,53% (T3) a 0,77% (T1). El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado, determinó que hubo diferencias estadísticamente

significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Mediante la prueba de comparaciones múltiples se evidenció que los concentrados proteicos que presentaron mayores valores de porcentaje de acidez fueron T1 con 0,77% y T2 con 0,56% y el valor más bajo se obtuvo en el concentrado proteico de suero termocoagulado a pH 5,9 (T3= 0,53%). Estos valores fueron similares a los obtenidos por Rodríguez (2010), en aislados proteicos de hojas de Amarantho (*Amaranthus spp.*) los cuales estuvieron en el rango de 0,59% a 0,64%. La norma venezolana COVENIN - 3495 (1999), sugiere que el suero en polvo debe presentar como máximo 2,3% de ácido láctico; por lo que el concentrado proteico de suero en polvo obtenido en este trabajo de investigación cumple con los valores recomendados por la norma.

En la Figura 4, se presentan los valores del porcentaje de acidez de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación; donde los valores del el tratamiento T1 son mayores a los valores de los tratamientos T2 y T3, además se observa que a medida que el pH aumenta disminuye el porcentaje de acidez y es lógico ya que la acidez esta en relación inversa al pH, siendo este último una medida del grado de acidez de los alimentos

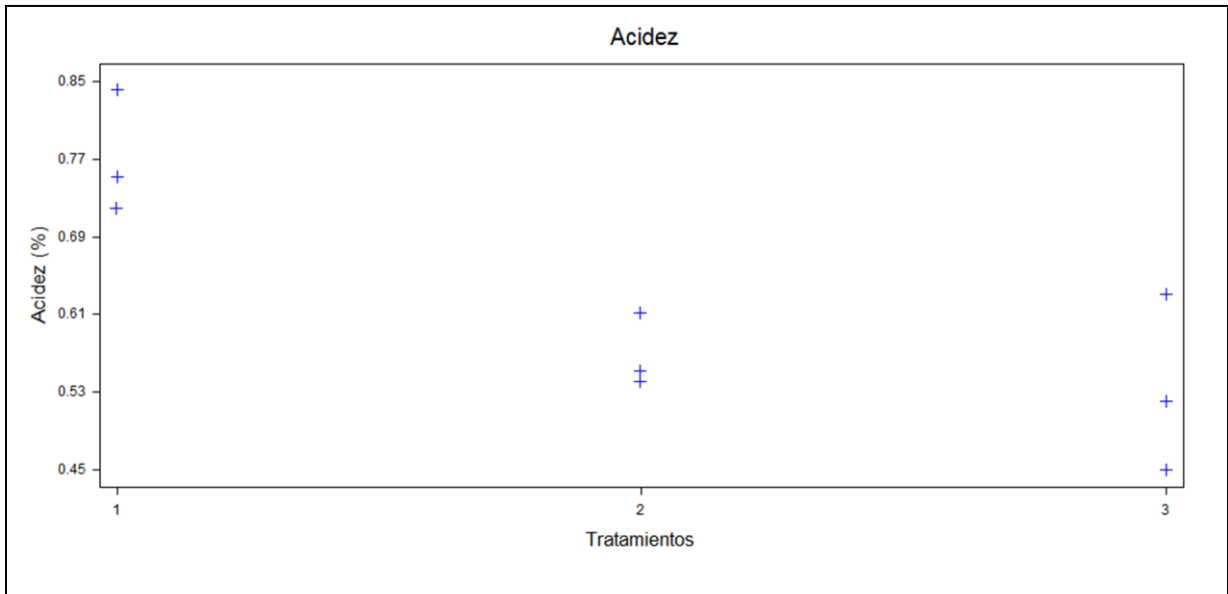


Figura 4 Gráfica de dispersión del porcentaje de acidez en función de los tratamientos evaluados.

4.1.3- pH

Los valores de pH de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación a diferentes pH de precipitación estuvieron en el rango de 5,46 (T1) a 6,13 (T3). El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado, determinó que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Mediante la prueba de comparaciones múltiples se evidenció que los concentrados proteicos que presentaron mayores valores de pH fueron T3 con pH 6,13 seguido de T2 (pH 5,60) y los valores más bajos se presentaron en el T1 (pH 5,46). La norma venezolana COVENIN - 3495 (1999), sugiere que el valor máximo que debe tener el pH del suero en polvo es de 6,5. Teniza (2008), obtuvo un valor de pH de 6,0 para suero en polvo.

En la Figura 5, se evidencian los valores de pH de los concentrados proteicos de suero obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación; donde los valores del tratamiento T3 fueron mayores a los de los tratamientos T2 y T1 lo cual es lógico dado que los valores de pH obtenidos están en función de los pH de coagulación.

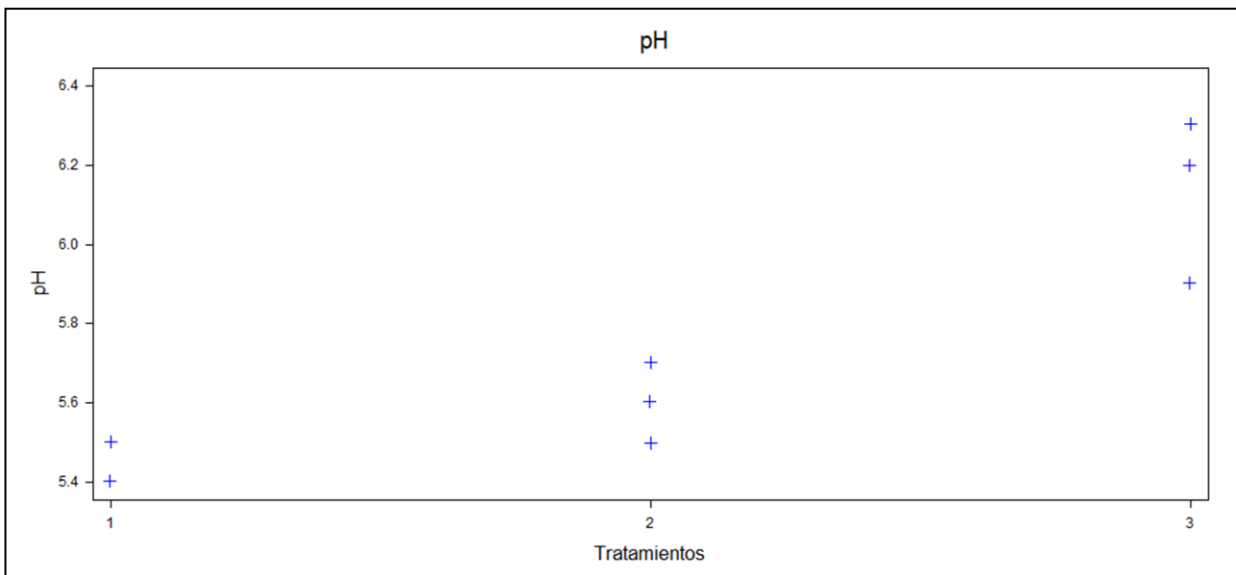


Figura 5. Gráfica de dispersión de pH de precipitación en función de los tratamientos evaluados.

4.1.4- Cloruros

Los valores de porcentaje de cloruros de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación a diferentes pH de precipitación estuvieron entre 0,04% (T2) a 0,05% (T1). El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado; determinó que

no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Por tanto se puede señalar que todos los valores son comparables. La norma venezolana COVENIN - 3495 (1999), sugiere que el suero en polvo debe presentar como máximo 0,11% de cloruros; por lo que el concentrado proteico de suero en polvo obtenido, cumple con los valores recomendados por la norma.

En la Figura 6, se presentan los valores del porcentaje de cloruros de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación; donde los tratamientos (T1, T2 y T3) tienen el mismo comportamiento y no tuvieron efecto sobre el componente evaluado.

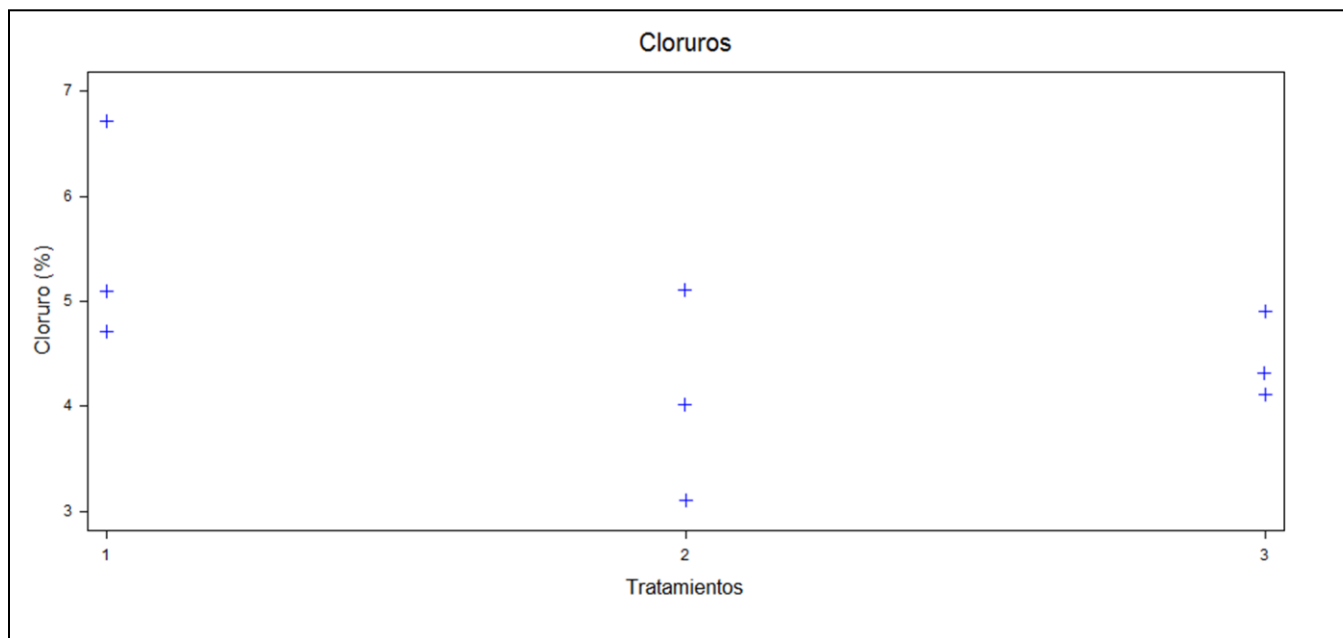


Figura 6. Gráfica del contenido de cloruros en función de los tratamientos evaluados.

4.1.5- Grasa

Los valores de porcentaje de grasa de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación a diferentes pH de precipitación estuvieron en el rango de 40,23% (T2) a 44,65% (T1). El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado; determinó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Por tanto se puede señalar que todos los valores son comparables. La norma venezolana COVENIN - 3495 (1999); y Posada *et al* (2011).; indican que el contenido máximo de grasa para el suero en polvo es de 1,5%; lo cual refleja una gran diferencia con los resultados obtenidos; esto puede ser atribuido a que el suero utilizado para el desarrollo de la investigación no fue descremado previo a la elaboración del concentrado proteico.

En la Figura 7, se reflejan los valores del porcentaje de grasa de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación; donde los tratamientos (T1, T2 y T3) presentaron el mismo comportamiento y no tuvieron efecto sobre el componente evaluado.

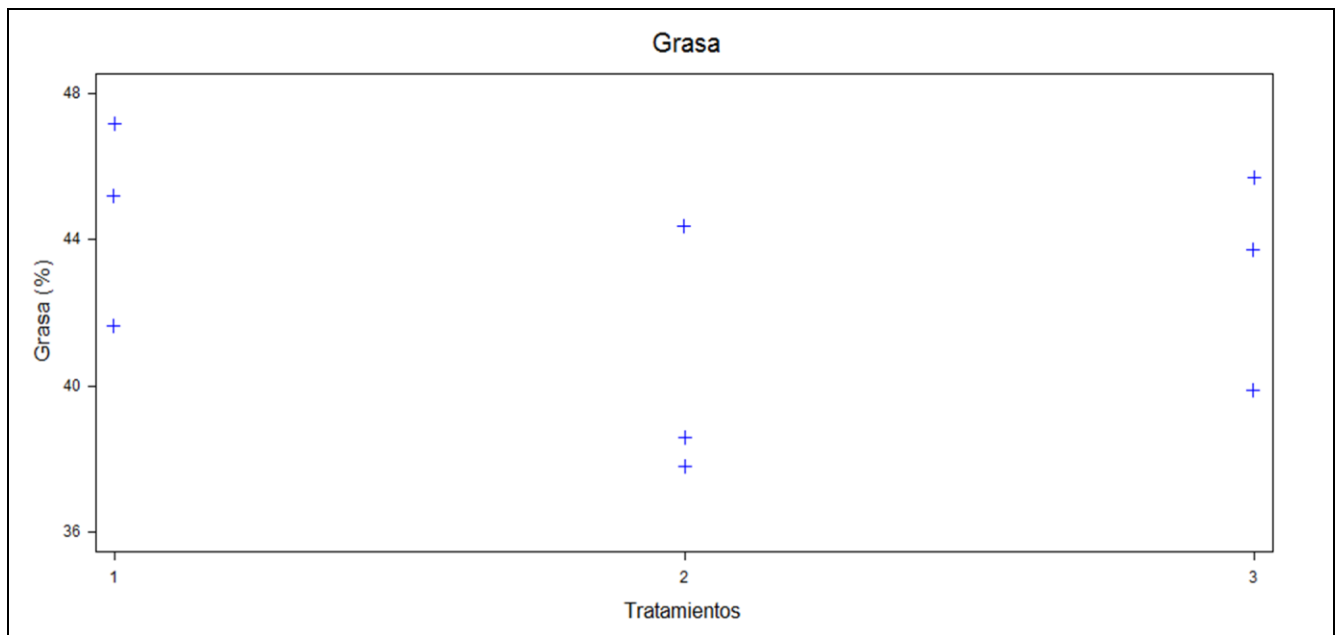


Figura 7. Gráfica de dispersión del contenido de grasa en función de los tratamientos evaluados.

4.1.6- Proteína

Los valores de porcentaje de proteína de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación a diferentes pH de precipitación estuvieron en el rango de 22,21% (T2) a 24,14% (T1). El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado; determinó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Estos valores se encuentran por encima de los sugeridos por la norma venezolana COVENIN - 3495 (1999), el cual es de 11%; y por debajo de los obtenidos por Hernández y Vélez (2014), (35 a 85%). No obstante Rodríguez (2010), en la determinación de proteína en aislados proteicos de hojas de

Amaranto (*Amaranthus spp.*) obtuvo valores en el rango de 24,34% a 24,75% con un porcentaje de humedad de 4,96%. Los valores anteriormente señalados son importantes, porque las proteínas al igual que las grasas son los componentes que influyen significativamente en la firmeza, rendimiento y nutrición en los alimentos (Bazaes, 2004).

En la Figura 8, se presentan los valores de los porcentajes de proteína de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación; es de hacer notar que los tratamientos evaluados (T1, T2 y T3) presentaron el mismo comportamiento y no tuvieron efecto sobre el componente evaluado.

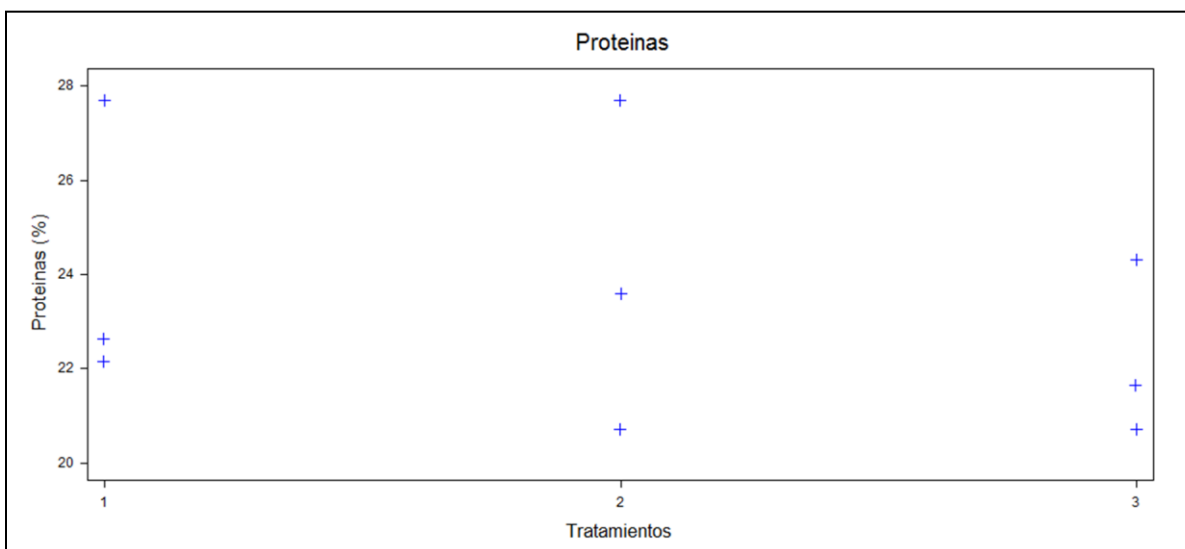


Figura 8. Gráfica de dispersión del contenido proteína en función de los tratamientos evaluados.

4.1.7- Lactosa

Los valores de porcentaje de lactosa de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación a diferentes pH de precipitación estuvieron en el rango de 32,80% (T1) a 35,19% (T3).

El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado; determinó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. La norma venezolana COVENIN - 3495 (1999), sugiere que el porcentaje de lactosa del suero en polvo deben estar en el rango de 61,1% a 76,0%; lo cual refleja una gran diferencia respecto a los valores sugeridos por la norma, esto puede ser atribuido al elevado contenido de grasa que presento el concentrado proteico.

En la Figura 9, se reflejan los valores de los porcentajes de lactosa de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación; donde los tratamientos (T1, T2 y T3) presentaron el mismo comportamiento y no tuvieron efecto sobre el componente evaluado.

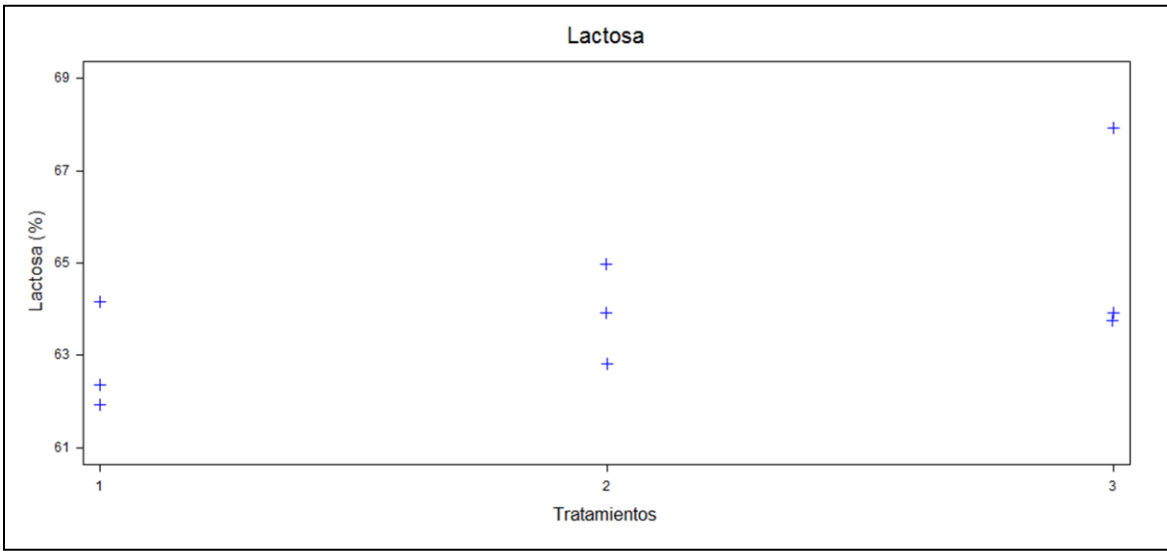


Figura9. Gráfica del contenido de lactosa en función del componente evaluado.

4.1.8- Rendimiento del aislado proteico de suero en polvo

Los valores de rendimiento de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación a diferentes pH de precipitación estuvieron en el rango de 19,00% (T3) a 24,66%(T2). El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado, determinó que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha= 0,05$; estos resultados son comparables con los descritos por Margariños *et al* (2009).; donde obtuvieron un rendimiento de 20,05% en la elaboración de queso ricotta.

. Para obtener mayor rendimiento de aislado proteico de suero en polvo en gramos se recomienda trabajar a pH 5,6 (T2).

En La Figura 10 se observan los valores del rendimiento del concentrado proteico de suero en polvo obtenido por termocoagulación isoelectrica y deshidratación, donde el mayor valor se obtuvo en el tratamiento T2 y el menor valor correspondió al tratamiento T3.

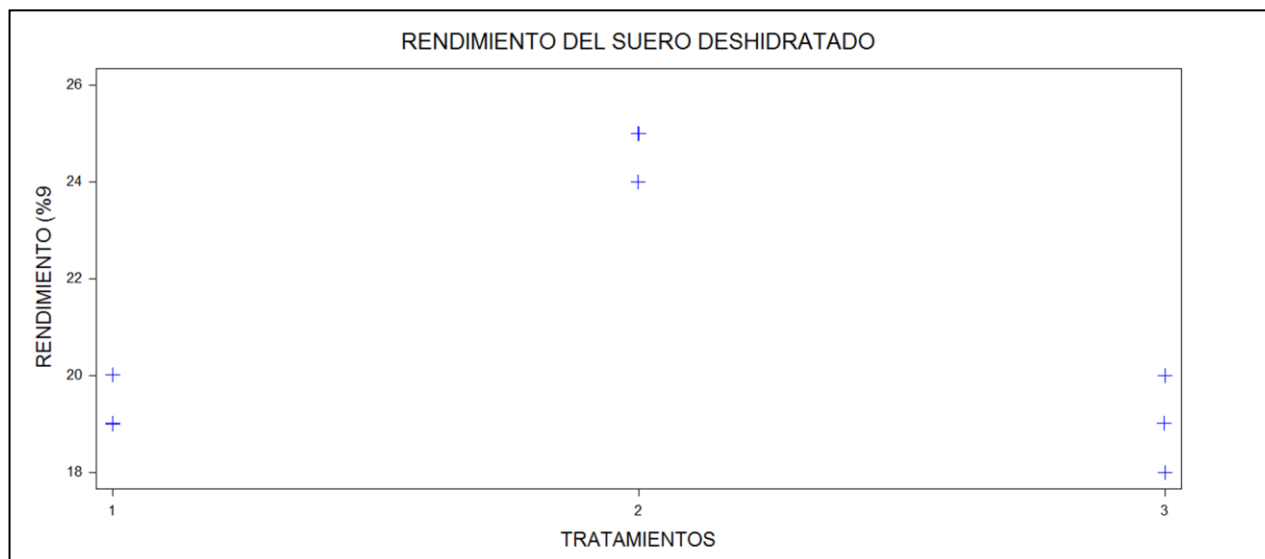


Figura 10: Gráfica de dispersión del rendimiento del suero deshidratado

Todos los valores de la composición fisicoquímica del concentrado proteico de suero en polvo obtenido en este trabajo de investigación cumplen con las características de un suero en polvo, y además cumplen con los valores recomendados por la norma venezolana COVENIN - 3495 (1999), con excepción la lactosa y la grasa, en el cual todos los tratamientos tuvieron valores bajos y elevados respectivamente; por lo que se recomienda el descremado del suero para la elaboración de concentrado proteico.

4.2.- Cuantificación de la presencia de microorganismos en el concentrado proteico de suero deshidratado obtenido por termocoagulación isoelectrica y deshidratación

En el Cuadro 8, se presentan los resultados obtenidos de la cuantificación microbiológica en los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación (aerobios mesófilos, coliformes totales, coliformes fecales, mohos y levaduras).

CUADRO 4. Características microbiológicas de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación.

Tratamientos ¹	Aerobios mesófilos (Log ufc/g)	Coliformes Totales (Log NMP/g)	Mohos y levaduras (Log ufc/g)
T1	2,98 ± 0,2 ^c	1,21 ± 0,5 ^a	2,63 ± 0,8 ^b
T2	3,44 ± 0,1 ^b	0,96 ± 0,5 ^a	3,53 ± 0,1 ^{ab}
T3	4,12 ± 0,04 ^a	1,34 ± 1,0 ^a	4,22 ± 0,02 ^a

¹= Concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación a pH de precipitación 5,4 (T1), pH 5,6 (T2), pH 5,9 (T3)

a-b-c= Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas a un $\alpha = 0,05$, en el ANAVAR para un diseño completamente aleatorizado.

Nota: No se detectó la presencia de coliformes fecales en ninguna de las muestras de concentrado proteico de suero en polvo, analizadas en Caldo *E. coli*, incubadas a 44,5°C de 24 a 48 h.

4.2.1- Aerobios mesófilos

Los resultados del análisis microbiológico para aerobios mesófilos (Log ufc/g) de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por

termocoagulación isoeléctrica y deshidratación a diferentes pH de precipitación estuvieron en el rango de 2,98 Log ufc/g (T1) a 4,12 Log ufc/g (T3). El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado; determinó que, hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Mediante la prueba de comparaciones múltiples se evidenció que los concentrados proteicos que presentaron mayores valores para aerobios mesófilos fue el del tratamiento T3 (4,12 Log ufc/g) seguido del tratamiento T2 (3,44 Log ufc/g) y el valor más bajo se reflejó en el tratamiento T1 (2,98 Log ufc/g). La norma venezolana COVENIN - 3495 (1999), sugiere que la población de aerobios mesófilos en Log ufc/g para el suero en polvo debe estar en el rango de 3,69 a 4,69 Log ufc/g; por tanto el concentrado proteico de suero en polvo obtenido en este trabajo de investigación cumple con los valores recomendados por esta norma.

En Figura 11, se reflejan los valores de la cuantificación microbiológica para aerobios mesófilos de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación, donde se observa que los valores del tratamiento T3 son mayores a los valores del tratamiento T2 y los valores más bajos corresponden al tratamiento T1; además se observa que a medida que el pH disminuye, la población de aerobios mesófilos disminuye, ya que la teoría de obstáculos señala que el pH es un factor que afecta el crecimiento de los microorganismos.

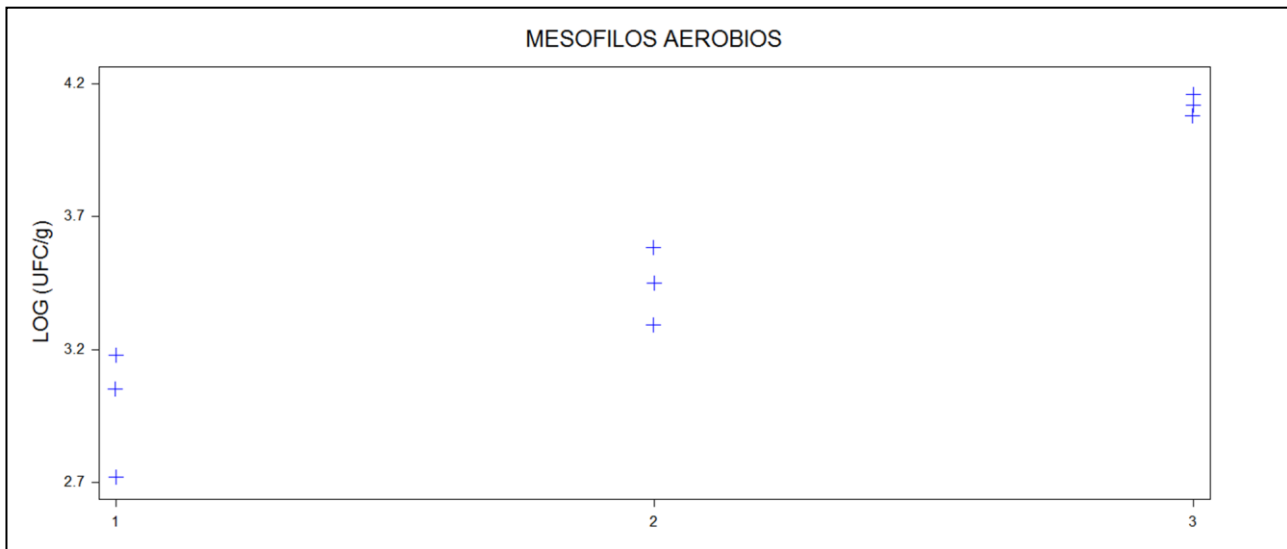


Figura 11. Gráfica de dispersión de la población de aerobios mesófilos (Log ufc/g) en función de los tratamientos evaluados.

4.2.2- Coliformes totales

Los resultados de la cuantificación microbiológica para coliformes totales (Log NMP/g) de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación a diferentes pH de precipitación estuvieron en el rango de 0,96 Log NMP/g (T2) a 1,34 Log NMP/g (T3). El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado; determinó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

La norma venezolana COVENIN - 3495 (1999), sugiere que la población de coliformes totales en Log NPM/g para el suero en polvo debe estar en el rango de 0,95 Log NMP/g a 1,96 Log NMP/g; por lo que el concentrado proteico de suero

en polvo obtenido en este trabajo de investigación cumple con los valores recomendados por la norma.

En la Figura 12, se reflejan los valores del análisis microbiológico para coliformes totales de los aislados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación, donde los tratamientos (T1, T2 y T3) presentaron el mismo comportamiento y no tuvieron efecto sobre el componente evaluado.

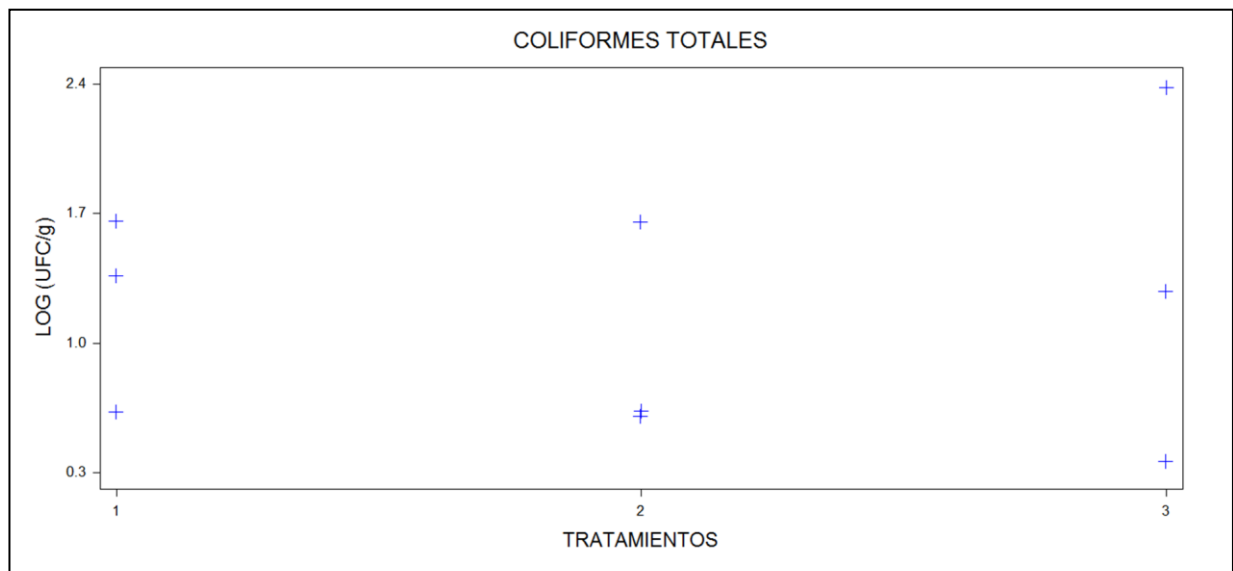


Figura 12. Gráfica de dispersión de la población de coliformes totales (Log NMP/g) en función de los tratamientos evaluados.

4.2.3- Mohos y levaduras

Los resultados del análisis microbiológico para mohos y levaduras (Log ufc/g) de los aislados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación a diferentes pH de precipitación estuvieron en el

rango de 2,63 Log ufc/g (T1) a 4,22 Log ufc/g (T3). El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado; determinó que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Mediante la prueba de comparaciones múltiples se evidenció que los concentrados proteicos que presentaron mayores valores para mohos y levaduras fueron los del tratamiento T3 (4,22 Log ufc/g) seguido del tratamiento T2 (3,53 Log ufc/g) y los valores más bajos fueron obtenidos en el tratamiento T1 (2,63 Log ufc/g).

La norma venezolana COVENIN - 3495 (1999), sugiere que la población de mohos y levaduras en Log ufc/g para el suero en polvo debe estar en el rango de 3 a 2 Log ufc/g; los valores de los tratamientos T2 y T3 están por encima de los sugerido por la norma, el pH óptimo de crecimiento de estos microorganismos está en el rango de 4,5 a 6,8; por lo que se recomienda trabajar en rangos de pH más bajos (T1) (Mauriello *et al.*, 2003).

En la Figura 13, se reflejan los valores de la cuantificación microbiológica para mohos y levaduras de los aislados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación, donde se observa que a medida que aumenta el pH, la población de mohos y levaduras aumenta.

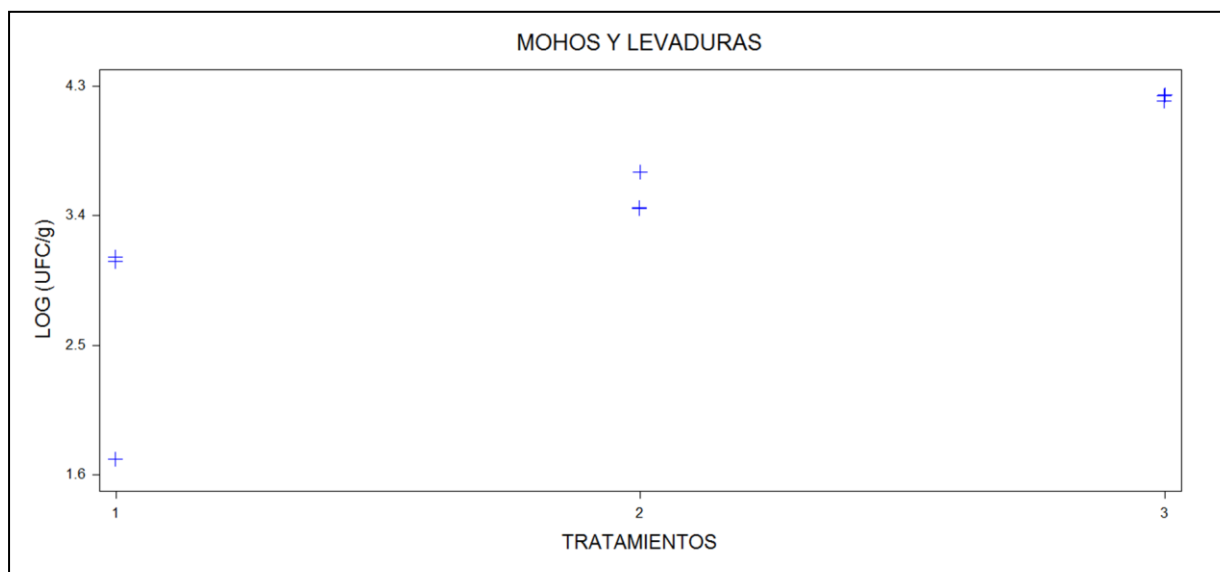


Figura 13. Gráfica de dispersión de la población de mohos y levaduras en función de los tratamientos evaluados.

Los valores de la cuantificación microbiológica en el concentrado proteico de suero en polvo obtenido en este trabajo de investigación, cumplen con los valores recomendados por la norma venezolana COVENIN - 3495 (1999), con excepción de los mohos y levaduras, en los cuales los tratamientos T2 y T3 estuvieron por encima de lo sugerido por la norma; se recomienda trabajar a pH bajos (tratamiento T1) para que las poblaciones de todos los microorganismos evaluados sean los más baja posible.

4.3.- Resultados de la determinación de las propiedades funcionales del concentrado proteico de suero deshidratado obtenido por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación

En el Cuadro 9, se presentan los resultados de la evaluación de las propiedades funcionales (solubilidad, capacidad de absorción de agua y capacidad emulsificante) para los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación.

CUADRO 5. Propiedades funcionales (solubilidad, capacidad de absorción de agua y capacidad emulsificante) de concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación.

Tratamientos ¹	Solubilidad (%)	Capacidad de absorción de agua (%)	Capacidad emulsificante (%)
T1	7,93 ± 0,01 ^c	167,37 ± 1,7 ^a	4,03 ± 0,1 ^a
T2	10,00 ± 0,1 ^b	133,56 ± 2,4 ^c	0,10 ± 0,1 ^a
T3	11,41 ± 0,2 ^a	152,41 ± 5,2 ^b	2,03 ± 0,1 ^a

¹=Concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación a pH de precipitación 5,4 (T1), pH 5,6 (T2), pH 5,9 (T3)

a-b-c= Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas a un $\alpha = 0,05$, en el ANAVAR para un diseño completamente aleatorizado.

4.3.1- Solubilidad

La solubilidad de las proteínas se define como la cantidad de proteína (%) que se encuentra en solución o dispersión coloidal bajo condiciones específicas (Scilingo *et al.*, 2002).

Los valores de porcentaje de solubilidad de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación a diferentes pH de precipitación estuvieron en el rango de 7,93% (T1) a 11,41% (T3). El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado; determinó que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Mediante la prueba de comparaciones múltiples se evidenció que los concentrados proteicos que presentaron mayores valores de porcentaje de solubilidad fueron los del tratamiento T3 (11,41%); seguido del tratamiento T2 (10,00%) y los valores más bajo se presentaron en el tratamiento T1 (7,93%); no obstante el porcentaje de solubilidad de la leche en polvo se encuentra en el rango de 90 a 95%, valores que están muy por encima de los obtenidos (Daza,2011).

Ávila (2011), en su estudio de análisis de propiedades funcionales para aislados proteicos de soya, determino que los valores porcentuales obtenidos para solubilidad en rangos de pH que van desde 4,5; 5,5 y 6,5 fueron 4,16%, 10,29% y 17,95% respectivamente; los valores obtenidos son comparables con los ya mencionados, las diferencias obtenidas pueden ser atribuidas a que los pH de precipitación a los que fueron sometidos los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación son diferentes; además de tratarse de concentrados proteicos distintos (concentrado proteico de suero en polvo y aislado proteico de soya). Con base en los resultados obtenidos, se puede utilizar el concentrado proteico obtenido, como ingrediente funcional en la fabricación de galletas y cereales a pH alto (T3); sin embargo, no se recomienda su utilización como ingrediente en elaboración de bebidas, zumos, ni fórmulas infantiles por el bajo porcentaje de solubilidad obtenido en el aislado proteico de suero en polvo.

Las interacciones hidrofóbicas promueven las interacciones proteína – proteína que son las responsables de disminuir la solubilidad, en cambio las interacciones iónicas promueven las interacciones proteína – agua, lo cual

favorece el aumento de la solubilidad. Si bien la solubilidad reviste gran importancia, es difícil predecir el desempeño de una proteína en una aplicación que únicamente se base en la solubilidad por lo cual deberían considerarse otros criterios tales como: la capacidad emulsificante, capacidad de retención y absorción de agua (Ávila, 2011).

En la Figura 14, se reflejan los valores de los porcentajes de solubilidad de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación; donde se observa que los mayores valores corresponden al tratamiento T3, seguidos del tratamiento T2 y los valores más bajos se atribuyen al tratamiento T1; evidenciándose que a medida que aumenta el pH de precipitación aumenta el porcentaje de solubilidad.



Figura 14. Gráfica de dispersión del porcentaje de solubilidad en función de los tratamientos evaluados.

4.3.2- Capacidad de absorción de agua

La capacidad de absorción de agua es la cantidad máxima de agua que un gramo de proteína es capaz de absorber espontáneamente (Ramirez y Pacheco, 2009).

Los valores de porcentaje de capacidad de absorción de agua de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación a diferentes pH de precipitación estuvieron en el rango de 133,56% (T2) a 167,37% (T1). El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado; determinó que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha=0,05$. Mediante la prueba de comparaciones múltiples se evidenció que los aislados proteicos que presentaron mayores valores de porcentaje de capacidad de absorción de agua fueron los del tratamiento T1 (167,37%), seguido del tratamiento T3 (152,41%) y los valores más bajos corresponden al tratamiento T2 (133,56%).

Los valores de los tratamientos T2 y T3, son comparables a los obtenidos por Akintayo *et al.*, (2002), en harina y pulpa de semillas de Aki (*Bilphia sávida*) (135%) y a los reportados por Zaragoza *et al.*, (2001), en cascarilla de soya los cuales fueron de 142%. Con base en los resultados obtenidos, se puede utilizar el concentrado proteico obtenido, como ingrediente funcional en la fabricación de pasteles, panes y pastas; además mejoraría el color y costras de panes y panes

dulces, también favorecería la textura de productos cárnicos ácidos como salchichas y embutidos.

Se recomienda trabajar con pH bajos (T1), ya que la capacidad de absorción de agua fue mayor lo cual favorece la absorción de agua en productos ácidos.

En la Figura 15, se reflejan los valores de los porcentajes de capacidad de absorción de agua de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación; donde se observa que se forma una parábola cóncava cuyo patrón mínimo se ubica en el T2 y los mayores elementos se ubican en el T1 y T3.

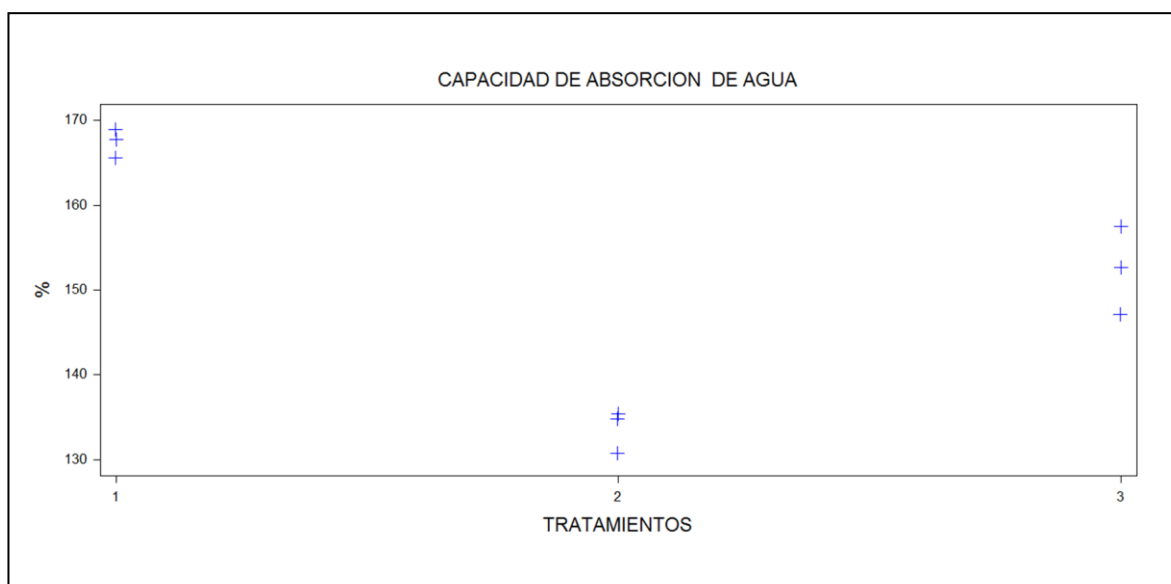


Figura 15. Gráfica de dispersión del porcentaje de capacidad de absorción de agua en función de los tratamientos evaluados.

4.3.3- Capacidad emulsificante

La capacidad emulsificante denota la cantidad máxima de aceite que puede ser emulsificado por una dispersión de proteína. Indica los mililitros de

aceite que pueden ser emulsionados por gramo de proteína sin que se produzca la inversión de la emulsión (Neto *et al.*, 2001).

Los valores de porcentaje de capacidad emulsificante de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación a diferentes pH de precipitación estuvieron en el rango de 0,10% (T2) a 4,03% (T1). El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado; determinó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$; Estos valores están significativamente por debajo de los reportados por Ávila (2011), en aislado proteico de soya, los cuales estuvieron en el rango de 42,46 a 57,07%. Sin embargo los valores de los tratamientos T2 y T3 son comparables a los obtenidos por Ramírez y Pacheco, (2009) el cual fue de 1% en fibra dietética de harina de piña

Con base en los resultados obtenidos, se puede utilizar el concentrado proteico en polvo obtenido bajo las condiciones del tratamiento T1, como ingrediente funcional en la fabricación de mayonesas, cremas para café, batidos pasteleros y masas, aderezos para ensaladas, postres congelados, carnes, jamón y salchichas.

En la Figura 16, se presentan los valores de los porcentajes de capacidad de emulsificante de los aislados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación; donde se observa que a bajo pH de precipitación (T1= pH 5,4) la capacidad emulsificante es mayor que en el resto

de los tratamientos, siendo muy bajo para T2 (pH 5,6). Lo cual indica que para obtener una buena capacidad emulsificante es preferible trabajar con pH extremos, o muy bajos o muy altos.

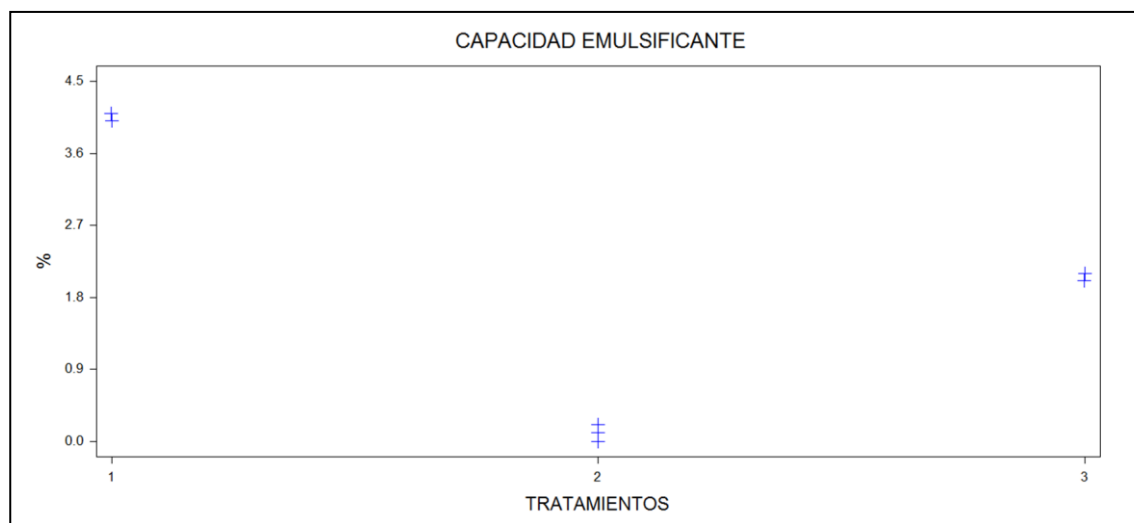


Figura 16. Gráfica de dispersión del porcentaje de capacidad emulsificante en función de los tratamientos evaluados.

4.3.4.- Capacidad de retención de agua (CRA)

Se define como la capacidad de un alimento hidratado para retener agua en la matriz proteica, cuando es sometida a fuerzas externas como la centrifugación, compresión, vacío o presión osmótica, o la fuerza en contra de la gravedad que puede presentar el material para no perder el agua que contiene (Rivera, 2006).

En el Cuadro 10, se presentan los resultados de la evaluación de la capacidad de retención de agua (CRA) en mL de agua/g MTA de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenido por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación.

CUADRO 6. Capacidad de retención de agua (CRA) (mL de agua/g MTA) de concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación.

Tratamientos ¹	pH ²				
	3	5	6	7	9
T1	3,10 ± 0,03 ^b	2,74 ± 0,1 ^c	2,70 ± 0,1 ^c	2,60 ± 0,1 ^c	3,62 ± 0,1 ^a
T2	2,55 ± 0,1 ^b	2,84 ± 0,1 ^a	2,52 ± 0,1 ^b	2,84 ± 0,1 ^a	2,38 ± 0,02 ^b
T3	4,63 ± 0,1 ^a	2,45 ± 0,4 ^b	2,59 ± 0,1 ^b	2,49 ± 0,3 ^b	3,05 ± 0,2 ^b

1= Concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación a pH de precipitación 5,4 (T1), pH 5,6 (T2), pH 5,9 (T3)

2= Capacidad de retención de agua (CRA) a pH 3, CRA a pH 5; CRA a pH 6; CRA a pH 7; CRA a pH 9

a-b-c= Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas a un $\alpha = 0,05$, en el ANAVAR para un diseño de bloques al azar

4.3.4.1- Capacidad de retención de agua (CRA) para el tratamiento T1 a diferentes pH.

Los valores de capacidad de retención de agua (mL de agua/g MTA) de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación a diferentes pH; estuvieron en el rango de 2,60 mL de agua/g MTA (pH= 7) a 3,62 mL de agua/g MTA (pH= 9). El análisis de varianza para un diseño de bloques al azar; determinó que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Mediante la prueba de comparaciones múltiples se evidenció que los concentrados proteicos con mayores valores de CRA, se obtuvieron a pH= 9 cuyo

valor fue 3,62 mL de agua/g MTA, seguidos del pH= 3 (3,10 mL agua/g MTA), pH= 5 (2,74 mL agua/g MTA), pH= 6 (2,70 mL agua/g MTA) y los valores más bajos se presentaron a pH= 7 (2,60 mL de agua/g MTA). Los resultados obtenidos para el tratamiento T1 son comparables a los resultados reportados por Rivera (2006), para aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa*) (pH 3 = 3,00; pH 5 = 2,50; pH 6 = 2,91; pH 7 = 2,94 y pH 9 = 2,98) mL agua/g y a los obtenidos por Rodríguez (2010), para aislado proteico de Amaranto (*Amaranthus spp.*) (pH 3 = 2,84; pH 5 = 3,39; pH 6 = 3,15; pH 7 = 4,05 y pH 9 = 3,42) mL agua/g MTA.

La mayoría de los alimentos no ácidos están en el rango de pH de 5 a 7, donde la CRA en ese rango de pH para el tratamiento T1 fue baja; no obstante a pH altos (pH 9) la CRA fue mayor, lo cual indica que puede ser utilizado en la fabricación de queso fundido y arequipe (Fig. 17)

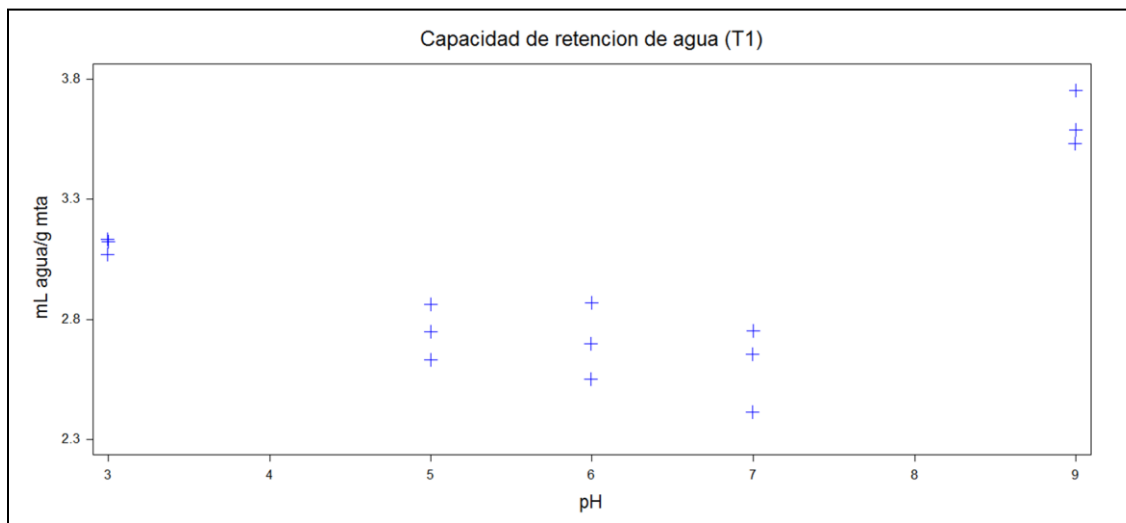


Figura 17. Gráfica de dispersión para capacidad de retención de agua (T1) en función de los pH evaluados.

4.3.4.2- Capacidad de retención de agua (CRA) para el tratamiento T2 a diferentes pH

Los valores de capacidad de retención de agua (mL de agua/g MTA) de los aislados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación a diferentes pH estuvieron en el rango de 2,38 mL de agua/g MTA (pH= 9) a 2,84 mL de agua/g MTA (pH= 5y7). El análisis de varianza para un diseño de bloques al azar; determinó que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha= 0,05$.

Mediante la prueba de comparaciones múltiples se evidenció que los aislados proteicos con mayores valores de CRA, se obtuvieron a pH= 5 y 7 cuyo valor fue 2,84 mL de agua/g MTA, pH= 3 (2,55 mL agua/g), pH= 6 (2,52 mL agua/g MTA) y los valores más bajos se presentaron a pH= 9 (2,38 mL de agua/g MTA). Los resultados obtenidos para el tratamiento T2 son comparables a los resultados obtenidos en el tratamiento T1.

En la Figura 18, se presentan los valores de la capacidad de retención de agua (CRA) de los aislados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación para el tratamiento T2; donde se observa que los mayores valores se presentan a pH= 5 y 7, y los valores más bajos corresponden a los pH 3,6 y 9. Si se comparan estos resultados con el tratamiento T1 a bajo pH se puede notar que tienen un comportamiento opuesto sobre todo a pH 5 y 7; estos son más altos en el tratamiento T2 sin embargo a pH extremos en tratamiento T1 tiene mayor CRA que el T2.

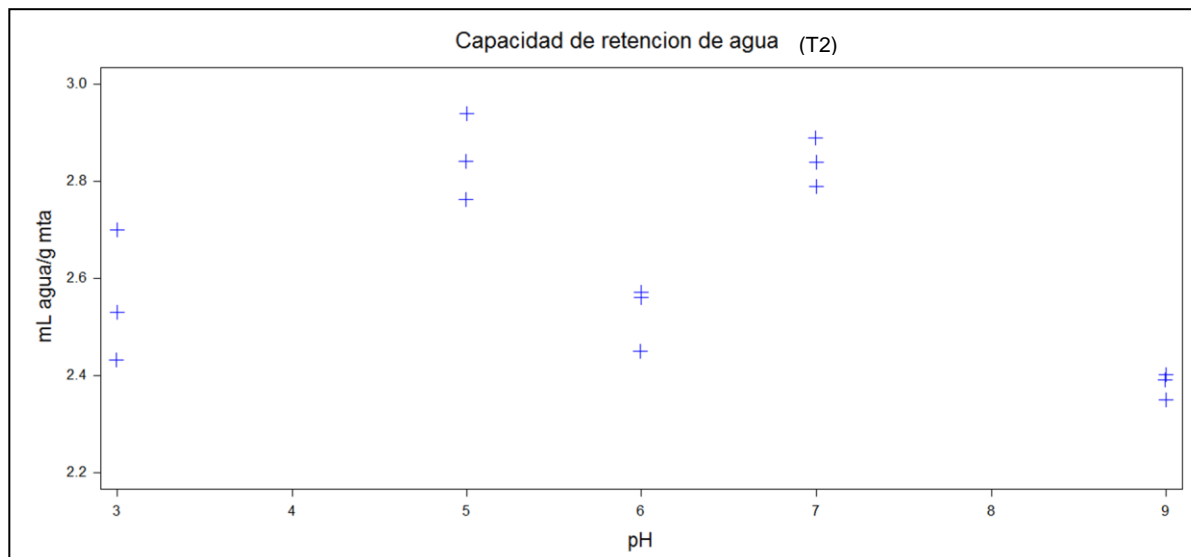


Figura 18. Gráfica de dispersión para capacidad de retención de agua (T2) en función de los pH evaluados.

4.3.4.3.- Capacidad de retención de agua (CRA) para el tratamiento T3 a diferentes pH.

Los valores de capacidad de retención de agua (mL de agua/g MTA) de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación a diferentes pH; estuvieron en el rango de 2,45 mL de agua/g MTA (pH=5) a 4,63 mL de agua/g MTA (pH= 3).

El análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado; determinó que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados a un nivel de significancia de $\alpha= 0,05$. Mediante la prueba de comparaciones múltiples se evidenció que los aislados proteicos con mayores valores de CRA, se obtuvieron a pH= 3 cuyo valor fue 4,63 mL de agua/g, pH= 9 (3,05 mL agua/g), pH= 6 (2,59 mL agua/g), pH= 7 (2,49 mL agua/g) y los valores más bajos se presentaron a pH= 5 (2,45 mL de agua/g). Los resultados obtenidos

para el tratamiento T3 tuvieron el mismo comportamiento que los obtenidos en el tratamiento T1.

La mayoría de los alimentos no ácidos están en el rango de pH de 5 a 7, donde la CRA en ese rango de pH para el tratamiento T3 tuvo el mismo comportamiento que el tratamiento T1 (baja), sin embargo el mayor valor de CRA se obtuvo a pH bajo (pH 3)

En la Figura 19, se presentan los valores de la capacidad de retención de agua (CRA) de los concentrados proteicos de suero en polvo obtenidos por termocoagulación isoelectrica y deshidratación para el tratamiento T3; donde se observa que los mayores valores se presentan a pH= 3, seguido del pH= 9, pH= 6, pH= 7 y los valores más bajos corresponden al pH 5.

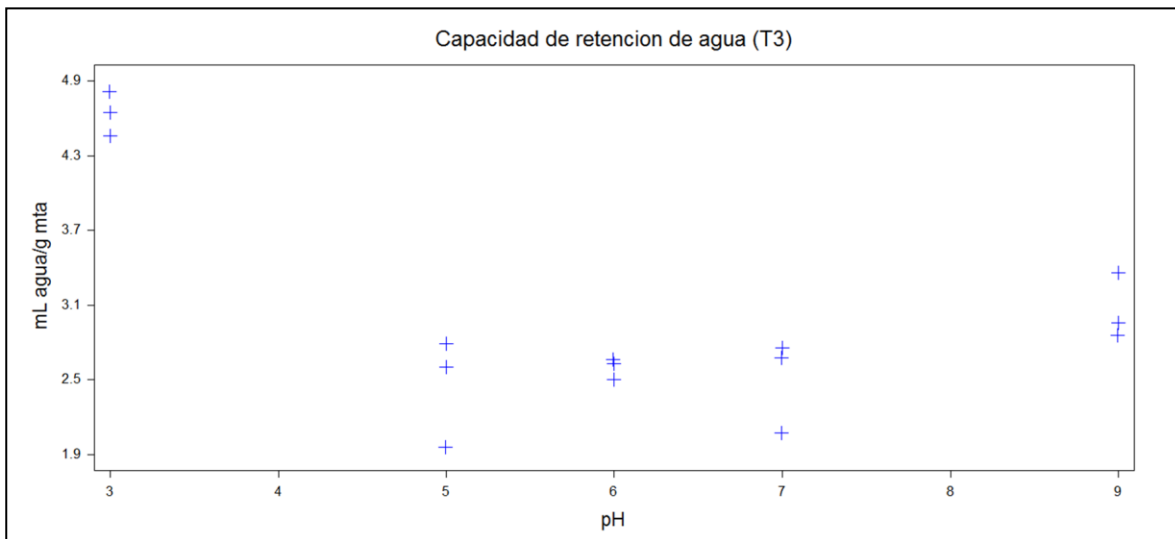


Figura 19. Gráfica para capacidad de retención de agua (T3) en función de los pH evaluados.

Para mejorar la solubilidad y la capacidad de retención de agua de los posibles alimentos a los que se pueda incorporar el concentrado proteico de suero en polvo como ingrediente funcional, es preferible trabajar con rangos de pH altos, o muy bajos tal como fue demostrado en el tratamiento T1 y T3

No obstante para mejorar la capacidad emulsificante y absorción de agua se recomienda trabajar en rangos de pH bajos puesto que a medida que disminuye el pH aumentan las proporciones de esta propiedad en los alimentos donde es incorporado el concentrado proteico de suero en polvo.

En líneas generales, las propiedades funcionales del concentrado proteico de suero en polvo son mejores cuando el pH del alimento es bajo $\leq 5,4$ lo que corresponde al pH de los alimentos ácidos

V. CONCLUSIONES

1. El pH de precipitación del concentrado proteico de suero tiene efecto inverso sobre el grado de sinéresis de la coagulación y la humedad del producto final, es decir, a menor pH y mayor acidez la humedad es menor.
2. Las variaciones de pH para la precipitación del concentrado proteico de suero no afectaron la composición en cloruros, grasa, proteína y lactosa.
3. Los concentrados proteicos de suero obtenidos por termocoagulación isoeléctrica y deshidratación se caracterizan por presentar un rango de humedad que varía entre 1,55 a 1,65%, acidez entre 0,53 a 0,77%, cloruros de 0,4 a 0,5%, grasa de 40, 23 a 44,65%, proteína entre 22,21 a 24,14% y lactosa entre 32,80 a 35,19 % cumpliendo con lo establecido por la norma COVENIN-3495 (1999), con excepción del contenido de grasa y de lactosa.
4. Los valores de la cuantificación microbiológica en el concentrado proteico de suero en polvo obtenido en este trabajo de investigación, cumplen con los valores recomendados por la norma venezolana COVENIN - 3495 (1999), con excepción de los mohos y levaduras, en los cuales los tratamientos T2 y T3 estuvieron por encima de lo sugerido por la norma.
5. Desde el punto de vista microbiológico el concentrado proteico de suero tiene mayor estabilidad cuando el pH de precipitación es 5,4.
6. Para mejorar la solubilidad y la capacidad de retención de agua de los posibles alimentos a los que se pueda incorporar el concentrado proteico de suero en polvo como ingrediente funcional, es preferible trabajar con

rangos de pH altos, o muy bajos tal como fue demostrado en el tratamiento T1 y T3

7. Las propiedades funcionales como capacidad emulsificante, capacidad de absorción y retención de agua son mayores cuando el pH de precipitación es 5,4. Con excepción de la solubilidad en donde esta es mayor cuando el pH isoeléctrico es elevado a 5,9

VI. RECOMENDACIONES

1. Debido a que los valores de la grasa y la lactosa obtenidos en esta investigación fueron muy diferentes a los obtenidos por otros autores e incluso a los sugeridos por Covenin para suero en polvo, se sugiere determinar el contenido de grasa y de lactosa en la leche y el suero, para así justificar este importante hallazgo y con estos valores estandarizar la concentración de grasa en el suero usado y el descremado del mismo para lograr un suero en polvo que este dentro de los requisitos exigidos por la norma.
2. Para obtener un mayor rendimiento del concentrado proteico se recomienda trabajar a pH 5,6.
3. Se recomienda el descremado del suero para la elaboración del concentrado proteico.
4. Se recomienda realizar el análisis fisicoquímico a la leche que se utilizara para la elaboración del queso; y análisis fisicoquímico del suero obtenido para evitar problemas referidos al elevado contenido de grasa.
5. se recomienda trabajar a pH bajos (tratamiento T1) para que las poblaciones de todos los microorganismos evaluados sean lo más baja posible.
6. Se recomienda utilizar el concentrado proteico en polvo obtenido bajo las condiciones del tratamiento T1, como ingrediente funcional en la

fabricación de mayonesas, cremas para café, batidos pasteleros y masas, aderezos para ensaladas, postres congelados, carnes, jamón y salchichas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, C. 2011. Determinación de propiedades físico-químicas y funcionales de aislado e hidrolizado enzimático de la proteína de soya a escala piloto para la aplicación en alimentos. Trabajo de grado. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 149 p.
- Akintayo, E.; E. Abedago. L. Arongundade. (2002). Chemical composition, physicochemical and functional properties of akee (*Bilphia sapida*) pulp and seed flours. *Food Chem.* 77: 333-336
- Bazaes, M. 2004. Características de calidad química y sensorial de queso Gouda. Trabajo de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 95 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).1979. Norma Venezolana Covenin: 1315-79. Alimentos. Determinación del pH (acidez iónica). Fondonorma, Caracas, Venezuela 7 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).1982. Norma Venezolana Covenin: 369-82. Leche y sus derivados. Determinación de cloruros. Fondonorma, Caracas, Venezuela 17 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).1982. Norma Venezolana Covenin: 1013-82. Leche. Determinación de azúcares reductores y no reductores. Fondonorma, Caracas, Venezuela 24 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).1987. Norma Venezolana Covenin: 902-87. Alimentos. Metodo para recuento de colonias

de bacterias aeróbicas en placas de Petri. Fondonorma, Caracas, Venezuela
8 p.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).1989. Norma Venezolana Covenin: 1126-89. Alimentos. Identificación y preparación de muestras para el análisis microbiológico. Fondonorma, Caracas, Venezuela
7 p.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).1990. Norma Venezolana Covenin: 1337 - 90. Alimentos Método para recuento de mohos y levaduras. Fondonorma, Caracas, Venezuela 10 p.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).1992. Norma Venezolana Covenin: 2948 - 92. Alimentos. Método para recuento de esporas termófilas responsables de acidez plana "FLAT SOUR". Fondonorma, Caracas, Venezuela 7 p.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).1996. Norma Venezolana Covenin: 1104 - 1996. Determinación del número más probable de coliformes, coliformes fecales y de *Escherichia coli*. Fondonorma, Caracas, Venezuela 15 p.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).1997. Norma Venezolana Covenin: 658 - 1997. Leche y sus derivados. Determinación de la acidez titulable. Fondonorma, Caracas, Venezuela 11 p.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).1997. Norma Venezolana Covenin: 370 - 1997. Leche y sus derivados. Determinación de proteínas. Fondonorma, Caracas, Venezuela 6 p.

- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).1997. Norma Venezolana Covenin: 931 - 1997. Leche y sus derivados. Determinación de grasa por el método de Roesse Gottlieb. Fondonorma, Caracas, Venezuela 6 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).1997. Norma Venezolana Covenin: 1077 - 1997. Leche y sus derivados. Determinación de humedad. Fondonorma, Caracas, Venezuela 5 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).1999. Norma Venezolana Covenin: 3495- 1999. Suero dulce en polvo. Fondonorma, Caracas, Venezuela 5 p.
- Daza, S. 2011. Evaluación de diferentes tipos de quesos elaborados con mezclas de leche fresca y suero nanofiltrado. Trabajo de grado. Facultad de ingeniería, Universidad del Zulia. Zulia, Venezuela. 49 p.
- Hernandez, M.; J. Vélez. 2014. Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*.8(2): 13-22.
- Mauriello, G.; L. Moio; A. Genovese; D. Ercolini. 2003. Relationships Between flavoring capabilities, bacterial composition, and geographical origin of natural whey cultures used for traditional water-buffalo mozzarella cheese manufacture. *J. Dairy Sci.* (86): 486 - 497.
- Maldonado, R.; M. Guaido. 2009. Elaboración de caramelo blando de leche (tipo toffee) a partir de lactosuero deshidratado. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*. 35(1): 1-7.

- Margariños, H.; M. González; S. Villarroel; O. Pizarro. 2009. Elaboración de queso ricotta a partir de concentrado proteico de suero (CPS). *Agro Sur*. 37(1): 34-40.
- Meza, E. 2009. Estudio del efecto de la congelación sobre las características físicas y químicas de sistemas elaborados con proteínas del suero. Trabajo de grado. Facultad de Ingeniería Química. Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química. Santa Fe, Colombia. 227 p.
- Neto, V.; N. Narin; J. Silva; P. Bora. 2001. Functional properties of raw and heat-processed cashew nut (*Anacardium occidentale L.*) kernel protein isolate. *Nahrung*. 45 (4): 258-262.
- Padín, C.; M. Díaz; M. Fernández. 2006. Efecto de la concentración inicial del lactosuero sobre la fermentación alcohólica con *Kluyveromyces fragilis*. *Sociedad Venezolana de microbiología*. 26(1): 317-327.
- Parra, R. 2009. Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*. 62(1): 4967-4982.
- Posada, K.; D. Terán; J. Ramírez-Navas. 2011. Empleo de lactosuero y sus componentes en la elaboración de postres y productos de confitería. *La Alimentación Latinoamericana*. 292: 66-73.
- Ramírez, A.; E. Pacheco. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*. 34(4): 293-298.
- Rivera, M. 2006. Obtención caracterización estructural y determinación de las propiedades funcionales de un aislado proteico de quinua orgánica

- (*Chenopodium Quinoa*). Trabajo de ascenso. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Santiago. 69 p.
- Rodríguez, P. 2010. Obtención de aislado proteico de amaranto (*Amaranthus spp.*) y harina de plátano (*Musa sp*) para la elaboración de una mezcla deshidratada para bebidas instantáneas. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas. 261 p.
- Scilingo, A.; S. Molina; E. Martínez; M. Añón. 2002. Amaranth protein isolates modified by hydrolytic and thermal treatments. Relationship between structure and solubility. *Food Research International*. 35: 855–862.
- Teniza, O. 2008. Estudio del suero del queso de leche de vaca y propuesta para reúso del mismo. Trabajo de grado. Centro de investigación de Biotecnología aplicada, Instituto politécnico nacional. Tlaxcala, México. 129 p.
- Wang, J.; J. Kinsella. (1976) Functional properties of novel proteins: Alfalfa leaf protein. *J. Food Sci.* 41: 286-292.
- Zaragoza, M.; R. Pérez; Y. Navarro. (2001). Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética. En: Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicaciones en alimentos. São Paulo. Brasil. pp. 195-209.